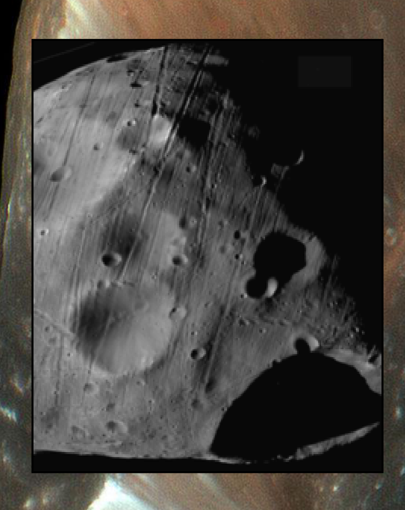
CAPSULA ESPACIAL

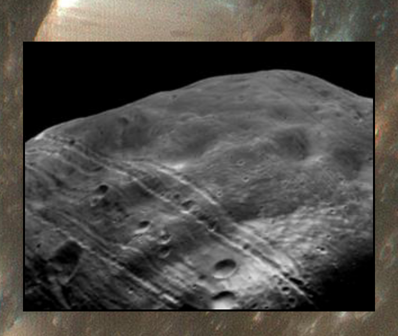
Revista digital de astronáutica y espacio

Nº 74 - 2022



FOBOS Y DEIMOS

Las lunas marcianas

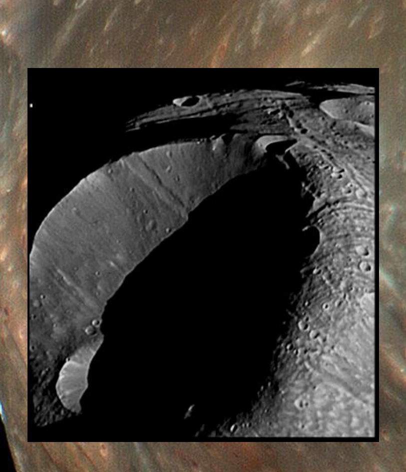


Descubrimiento

Características

Naves de estudio

Misiones propuestas



Estimados lectores

Este número de *Cápsula Espacial* nos lleva a Fobos y Deimos, las enigmáticas lunas de Marte, dos pequeños cuerpos del Sistema Solar del que se sabe poco y existen varias hipótesis sobre su creación; a través de los años ha habido varios sobrevuelos de distintas sondas espaciales que han tenido como objetivo principal el planeta Marte. Sin embargo la sonda soviética Phobos-2 estuvo muy cerca de aterrizar un lander para estudios de su superficie en 1988, podría haber sido un hito histórico en la exploración del Sistema Solar, pero lamentablemente dejó de enviar señales a la Tierra poco tiempo antes de su acercamiento, al igual que la nave Phobos-Grunt, que falló en su despegue y que tenía por objetivo también aterrizar en el satélite marciano, Fobos, objetivo vedado hasta ahora a la humanidad, pero que tal vez, gracias a misiones propuestas en algún momento se podrá hacer realidad.

Usted puede colaborar con la revista para la creación de contenidos a través de los botones de donación que posee el Blog.

Muchas gracias

Biagi, Juan



https://capsula-espacial.blogspot.com



https://www.instagram.com/capsula_espacial/



r.capsula.espacial@gmail.com

Portada Fobos fotografiado por sonda Mars Reconnaissance Orbiter (MRO) (NASA-JPL-U. Arizona)

Contenido

Misión Mars Orbiter Mission (MOM)

Misiones propuestas

Misión Advanced Phobos EXploration (APEX)

Misión Aladdin

Misión Hall

Misión OSIRIS-REx-2

Misión Phobos And Deimos & Mars Environment (PADME)

Misión Mars Moon Exploration (MMX)

Fobos y Deimos, descubrimiento y origen

Las lunas de Marte son tan pequeñas que aparecen, incluso contempladas con los mejores telescopios, como simples puntos de luz, son demasiado pequeñas para haber sido observadas con los telescopios anteriores a 1877, sus órbitas podían calcularse anotando sus posiciones en varios tiempos.

En 1944, en el Observatorio Naval de Estados Unidos, B. P. Sharpless reunió todas las observaciones que tenía a su disposición por entonces para determinar las órbitas con la mayor precisión, encontrando que la órbita de Fobos parecía decaer en lo que los astrónomos llamaban aceleración secular, en largos períodos de tiempo, Fobos parecía estar aproximándose cada vez más a Marte, a la vez que se movía también mucho más rápidamente.

La conclusión de Sharpless, de una aceleración secular para Fobos, continuó siendo una curiosidad sin explicar y casi sin examinar, en la década de 1960 la tuvo en cuenta el astrofísico soviético I. S. Shklovsky, que pensó en una amplia gama de hipótesis en cuanto se refería a la aceleración secular, entre ellas la influencia del Sol, campo magnético de Marte y la gravedad de este planeta, pero ninguna de estas hipótesis encajaba con exactitud, entonces volvió a considerar la posibilidad del arrastre atmosférico; anterior a la investigación de Marte con naves, se conocía escasa e indirectamente el tamaño exacto de las lunas marcianas, pero se sabía que Fobos tenía unos 20 Km de diámetro, la altitud de Fobos sobre la superficie de Marte también se conocía, Shklovsky y otros antes que él descubrieron que la densidad de la atmósfera marciana era demasiado baja para producir el arrastre indicado por Sharpless, fue precisamente en este momento cuando Shklovsky hizo una audaz suposición, todos los cálculos efectuados para demostrar que no existía arrastre atmosférico habían presupuesto que Fobos era un objeto de densidad corriente, pero, a pesar de su enorme tamaño, entonces su masa sería muy pequeña, y su órbita podría resultar afectada por la enrarecida atmósfera superior de Marte; Shklovsky calculó la densidad de Fobos y halló un valor con una densidad tan baja que sólo quedaba una conclusión posible: Fobos tenía que estar hueco, que, con 20 Km de diámetro, no podía crearse mediante procesos naturales, por lo que Shklovsky concluyó que había sido creado por una civilización avanzada.

La sugerencia de Shklovsky es una de las hipótesis que hay sobre su origen, las otras son que las lunas son asteroides capturados, no es probable, aunque teóricamente posible, que sean escenarios en los cuales la gravedad de Marte pueda capturar a un asteroide que pase a su alcance, otra hipótesis es que son una especie de restos que quedaron allí cuando se formó Marte, considerando que trozos de roca de diversos tamaños se unieron para formar el planeta y que la última generación de esas rocas produjo los antiguos cráteres de Marte, por lo que Fobos y Deimos son los únicos restos que aún perduran de aquella historia catastrófica de Marte; recientemente, se propuso una nueva hipótesis sobre el origen de las lunas, al analizar datos sísmicos y orbitales de la misión Mars InSight y otras misiones, se cree que un cuerpo principal común, hace alrededor de 2,7 mil millones de años, probablemente fue golpeado por otro de grandes dimensiones, destruyéndolo para formar Fobos y Deimos.

En 1960, Fred Singer, entonces asesor científico en Estados Unidos, dijo sobre la teoría de Shklovsky que si el satélite está realmente girando en espiral hacia adentro como se deduce de la observación astronómica, entonces hay poca alternativa a la hipótesis de que es hueco, dado que se basan en varios conjuntos independientes de mediciones tomadas con décadas de diferencia por diferentes observadores con diferentes instrumentos, los errores sistemáticos pudieron haber influido en ellos; posteriormente, se descubrió que existían los errores de datos sistemáticos que predijo Singer, y la afirmación se puso en duda; las mediciones precisas de la órbita disponibles en 1969 mostraron que la discrepancia no existía, la crítica de Singer se justificó cuando se descubrió que estudios anteriores habían utilizado un valor sobreestimado de 5 cm/año para la tasa de pérdida de altitud, que luego se revisó a 1,8 cm/año, la aceleración secular ahora se atribuye a los efectos de las mareas, que no se había considerado en los estudios anteriores.

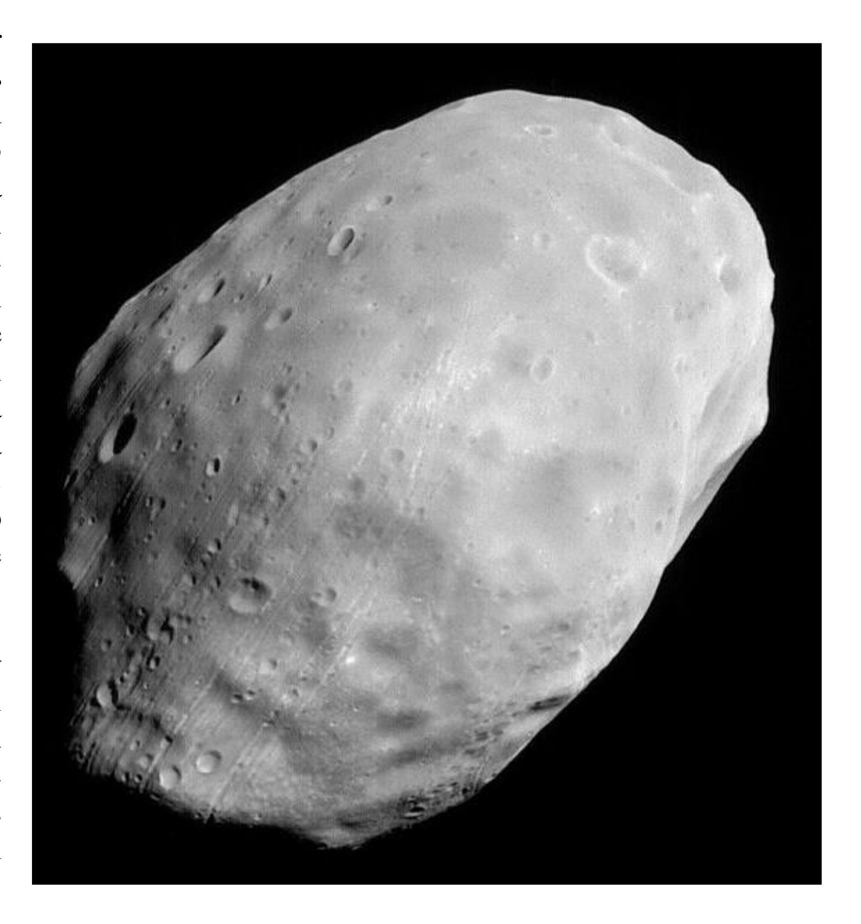
Fobos

Características generales

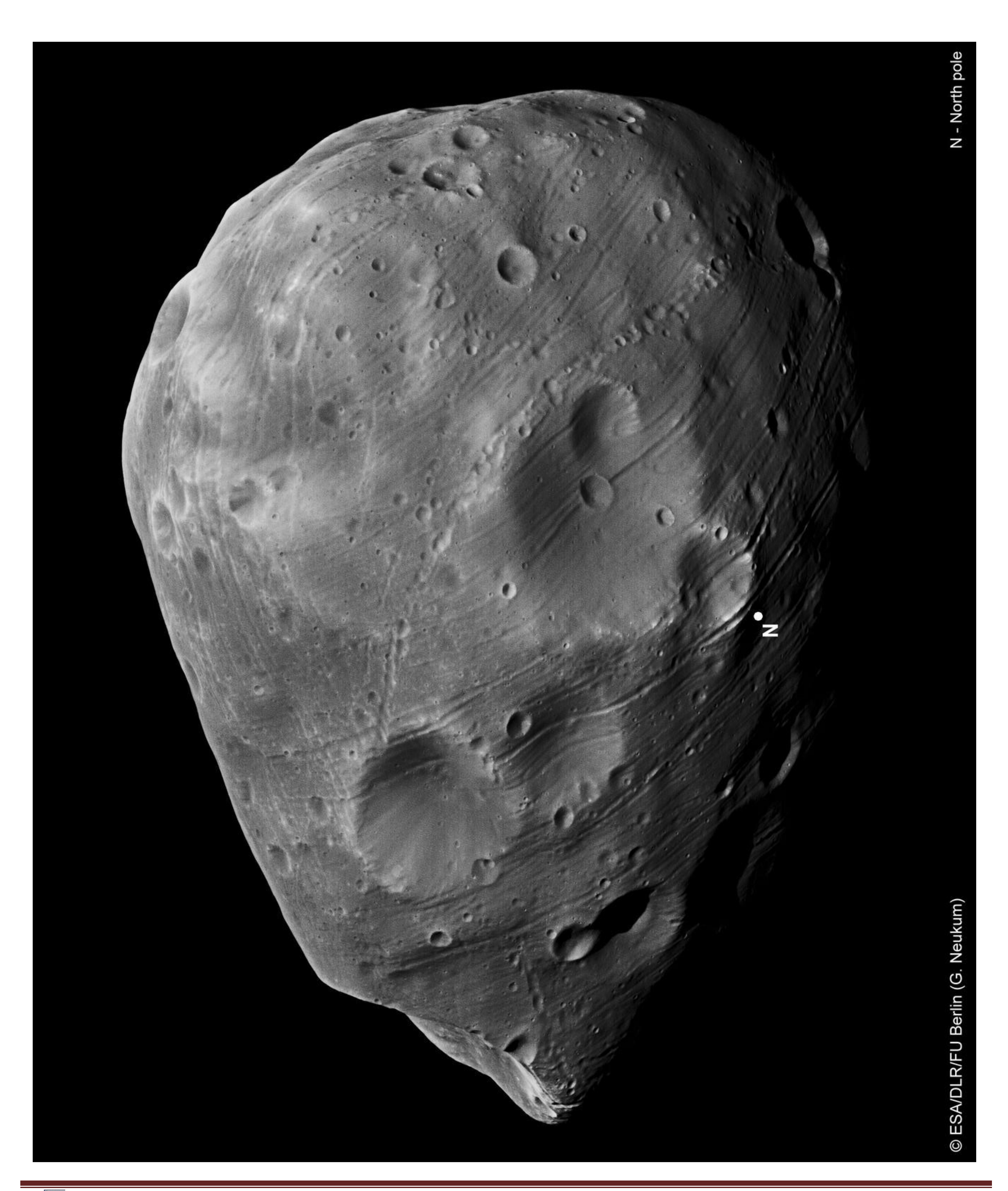
Fobos es el más interno y más grande de los dos satélites naturales de Marte, descubierto el 18-08-1877 1877 por el astrónomo del Observatorio Naval de los Estados Unidos Asaph Hall, es un objeto pequeño de forma irregular con un radio medio de 11 Km con un albedo de 0,071 es uno de los cuerpos menos reflectantes del Sistema Solar, las temperaturas de su superficie varían desde -4 ° C en el lado iluminado por el Sol hasta -112 °C en el lado que le da la sombra.

El movimiento orbital de esta luna se ha estudiado intensamente, lo que lo convierte en el satélite natural mejor estudiado del Sistema Solar en términos de órbitas completadas, su órbita cercana alrededor de Marte produce algunos efectos inusuales, a una altitud de 5989 Km, Fobos orbita Marte por debajo del radio de la órbita síncrona, lo que significa que se mueve alrededor de Marte más rápido de lo que gira el propio planeta, por lo tanto, desde el punto de vista de un observador en la superficie de Marte, sale por el O, se mueve relativamente rápido por el cielo (4:15 hrs) y se pone por el E dos veces cada día marciano (11:06 hrs); debido a que está cerca de la superficie y en una órbita ecuatorial, no se puede ver por encima del horizonte desde latitudes superiores a 70,4°; su órbita es tan baja que su diámetro angular (visto por un observador en Marte) varía visiblemente con su posición en el cielo, por lo que visto en el horizonte, Fobos tiene unos 0,14° de ancho; y en el cenit unos 0,20° (1/3 de la Luna llena vista desde la Tierra); las fases de Fobos, en la medida en que se pueden observar desde Marte, tardan 0,3191 días (período sinódico de Fobos) en seguir su curso, apenas 13 seg más que su período sideral.

La densidad ha sido medida directamente por naves espaciales y es de 1,88 g/cm^3, las imágenes obtenidas por las sondas Viking en 1976 mostraban claramente un objeto natural, no artificial. Sin embargo, el mapeo de la sonda Mars Express y los cálculos de volumen posteriores sugieren la presencia de vacíos e indican que no es un trozo sólido de roca sino un cuerpo poroso, se calculó que la porosidad de Fobos era del 30 % ± 5 %, o de un cuarto a un tercio vacío, resultados que llevaron a la sugerencia de que Fobos podría contener una importante reserva de hielo; las observaciones espectrales indican que la capa de regolito superficial carece de hidratación, pero no se descarta el hielo debajo del regolito.

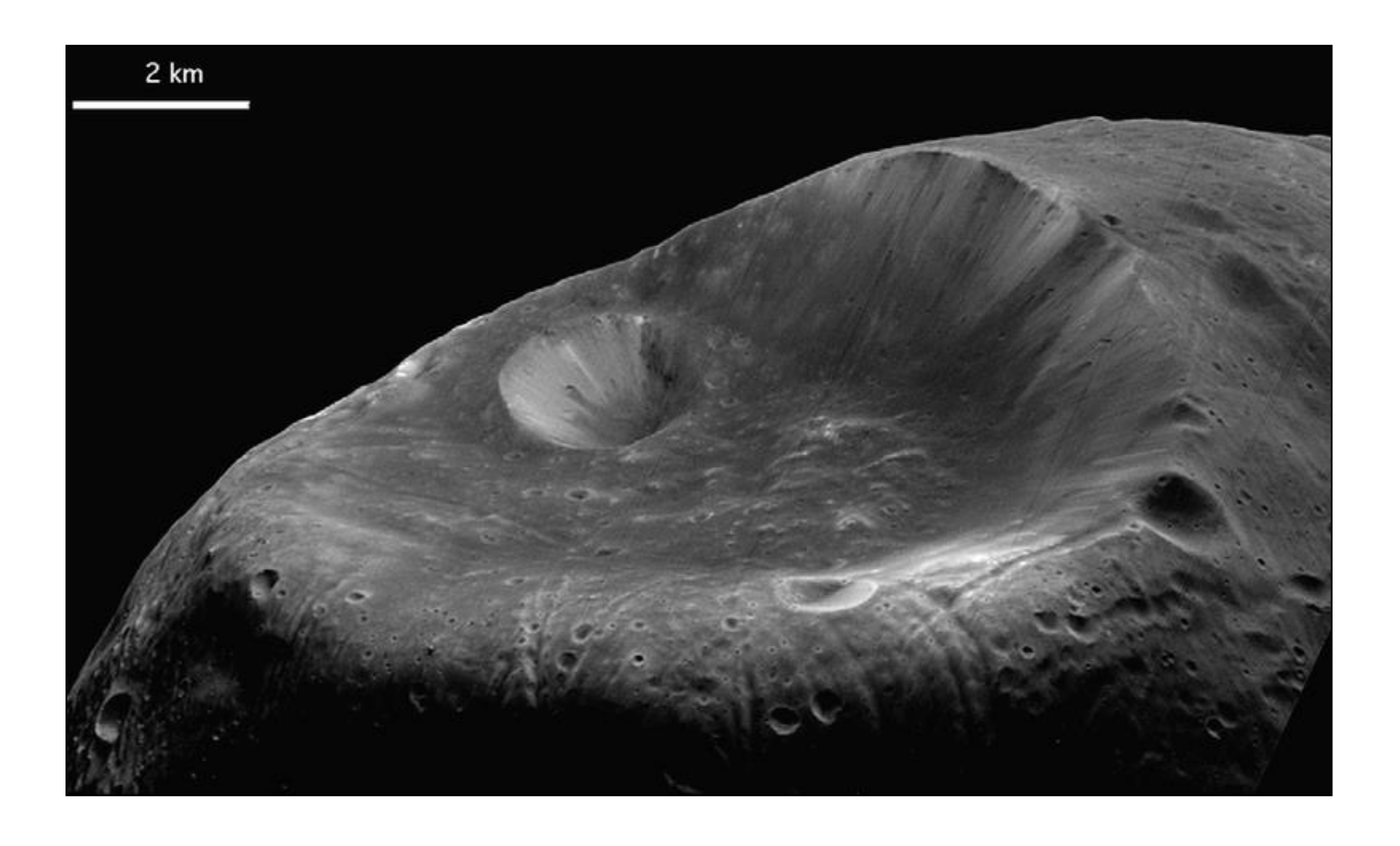


Tiene unas dimensiones de 27x22×18 Km, y retiene muy poca masa para redondearse por su propia gravedad, no tiene atmósfera debido a su baja masa y baja gravedad, con un albedo de alrededor de 0,071 es uno de los cuerpos menos reflectantes del Sistema Solar, los espectros en el IR muestran que tiene material rico en Carbono.

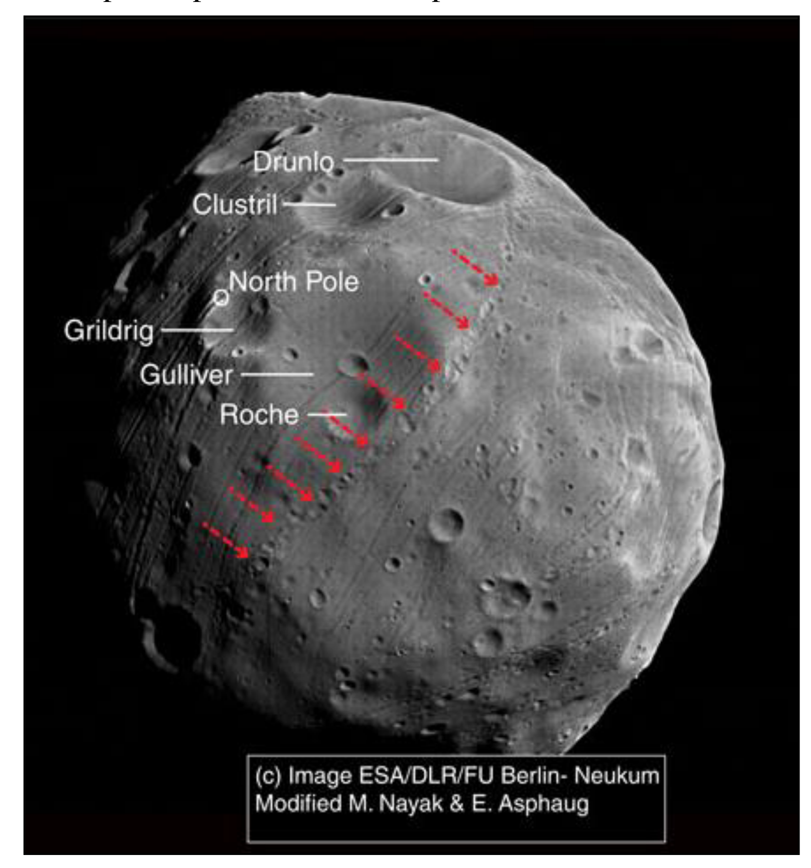

N - North pole
N
© ESA/DLR/FU Berlin (G. Neukum)

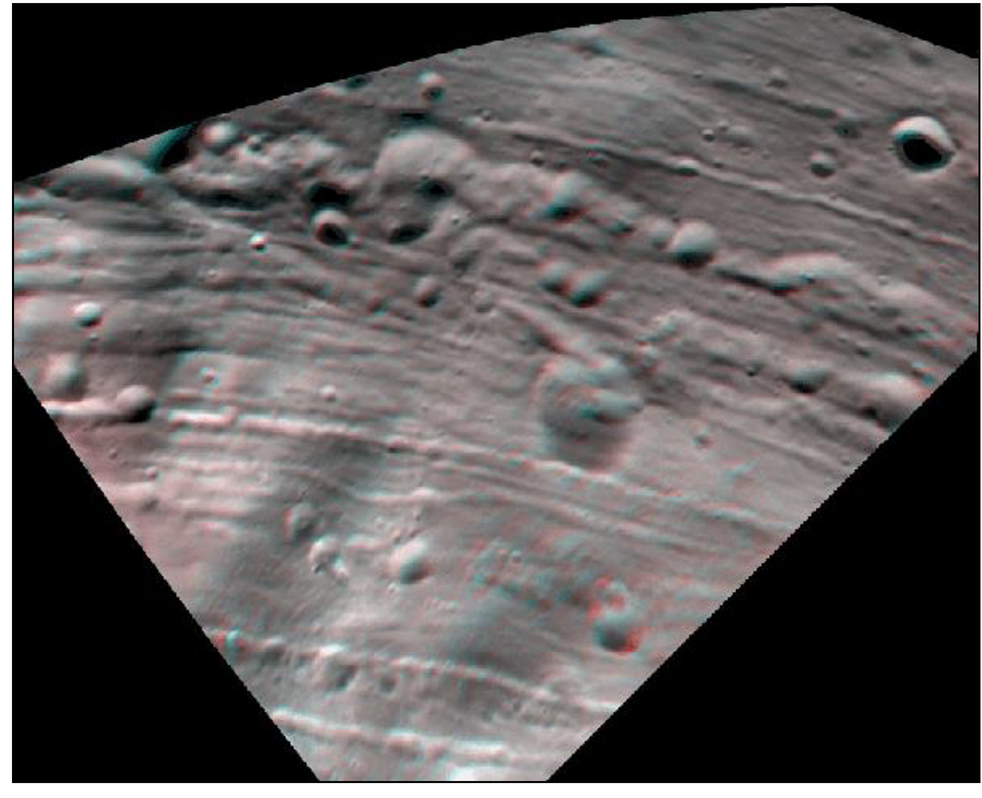
Superficie

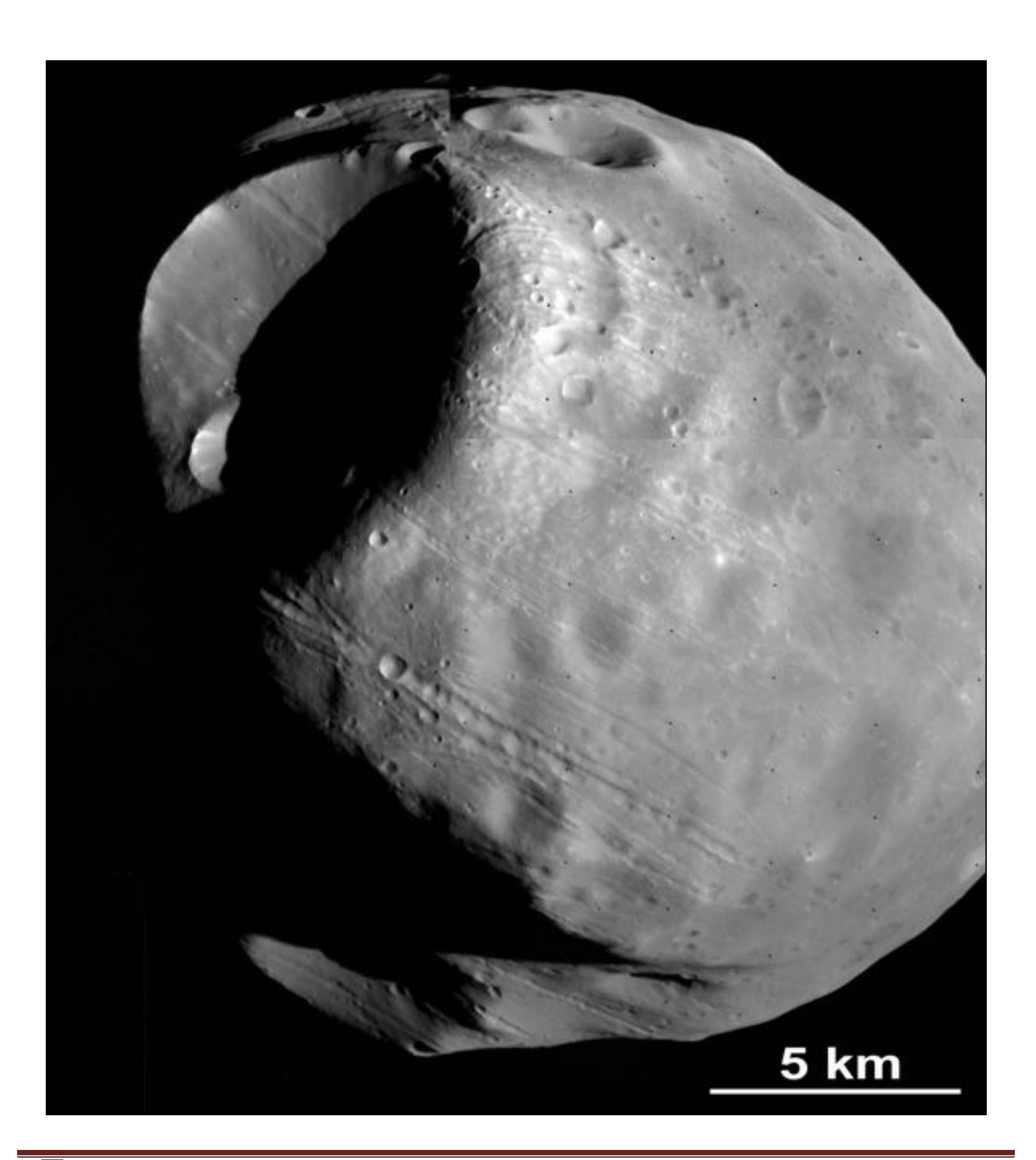
Fobos posee muchos cráteres, el más destacado y visual de ellos es el cráter Stickney (llamado así por la esposa de Asaph Hall) es un gran cráter de impacto de 9 Km de diámetro, ocupando una proporción sustancial del área de su superficie, también posee surcos y rayas, los surcos tienen menos de 30 m de profundidad, 100 a 200 m de ancho y hasta 20 Km de largo, originalmente se supuso que eran el resultado del impacto que creó el cráter Stickney. Sin embargo, el análisis de los resultados de la nave Mars Express revelaron que los surcos no son de hecho radiales a Stickney, sino que están centrados en el vértice principal de Fobos en su órbita (que no está lejos de Stickney) están formados como cadenas de cráteres, y todos ellos se desvanecen a medida que se acercan al vértice final de Fobos, los investigadores sospechan que han sido excavados por material expulsado al espacio por impactos en la superficie de Marte, se han agrupado en 12 o más familias de diferentes edades, que se cree representan al menos 12 eventos de impacto marciano, otros modelos sugeridos desde la década de 1970 respaldan la idea de que son como estrías que ocurrieron cuando Fobos se deformó por las fuerzas de las mareas; pero en 2015, cuando se calculó las fuerzas de las mareas y se usaron en un nuevo modelo, las tensiones eran demasiado débiles como para fracturar una luna sólida de ese tamaño, las fracturas por tensión calculadas para este modelo se alinean con las ranuras de Fobos, el modelo se apoya en el descubrimiento de que algunos de los surcos son más jóvenes que otros, lo que implica que el proceso que los produce está en curso.



En 2018, luego de un análisis de probabilidad computacional adicional, los astrónomos concluyeron que los surcos fueron causados por rocas expulsadas por el impacto del asteroide que creó el cráter Stickney y que las rocas habrían rodado dentro de un patrón predecible en la superficie de la luna.






5 km

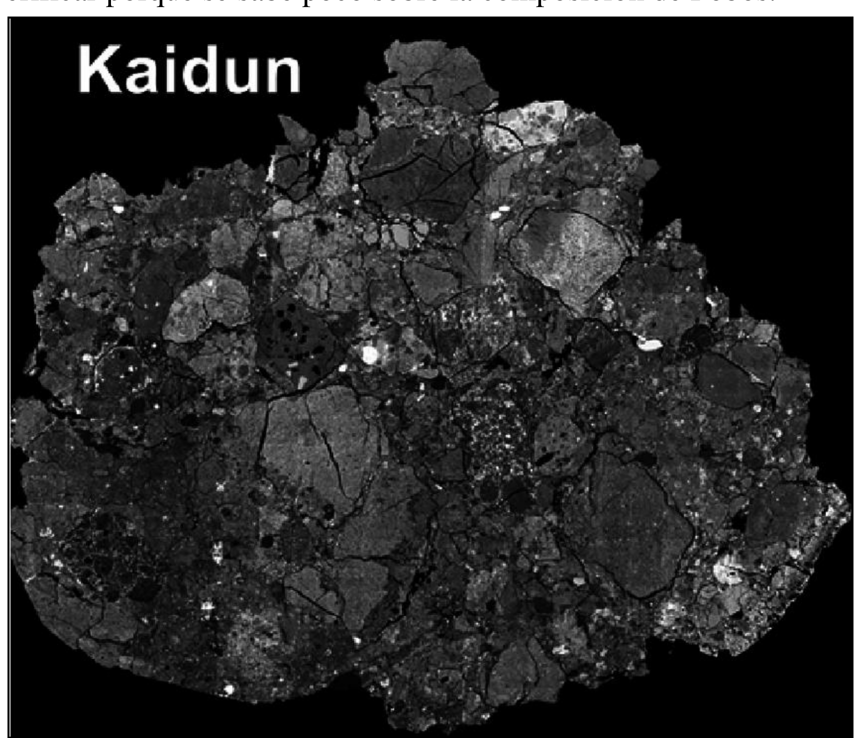
Un observador en posición de observar Fobos desde la superficie de Marte, vería tránsitos regulares de Fobos a través del Sol (varios de estos tránsitos han sido fotografiados por el rover Opportunity); durante los tránsitos, la sombra de Fobos se proyecta sobre la superficie de Marte, evento que ha sido fotografiado por varias naves, pero no es lo suficientemente grande como para cubrir el disco solar, por lo que no puede causar un eclipse total.

La desaceleración de las mareas está disminuyendo gradualmente el radio orbital de Fobos en aproximadamente 2 m cada 100 años, y con la disminución del radio orbital aumenta la probabilidad de ruptura debido a las fuerzas de las mareas, estimada en aproximadamente 30 a 50 millones de años, dada su forma irregular, y asumiendo que es un montón de escombros debajo de una fina capa de regolito, eventualmente se romperá y debido a las fuerzas de marea su material suelto y débilmente unido formará un anillo planetario alrededor de Marte, la fracción de la masa de Fobos que formará el anillo depende de la estructura interna desconocida, finalmente, los componentes de con una fuerte cohesión escaparán de la ruptura de las mareas y entrarán en la atmósfera marciana

Fobos podría ser un objeto del Sistema Solar que se fusionó en órbita después de la formación del planeta Marte, en lugar de formarse simultáneamente a partir de la misma nube de nacimiento que Marte, otra hipótesis es que Marte alguna vez estuvo rodeado por muchos cuerpos del tamaño de Fobos y Deimos, quizás expulsados en órbita a su alrededor por una colisión con un gran objeto celeste.

La alta porosidad de su interior (basado en la densidad de 1,88g/cm^3, se estima que los vacíos son del 25 al 35% de su volumen) no es consistente con un origen asteroidal, observaciones en IR térmico sugieren una composición que contiene principalmente filosilicatos, conocidos en la superficie de Marte.

Se han predicho débiles anillos de polvo producidos por Fobos, pero los intentos de observarlos han fracasado hasta la fecha, recientemente, imágenes de la sonda Mars Global Surveyor indicaron que Fobos está cubierto con una capa de regolito de grano fino de al menos 100 m de espesor; se supone que fue creado por impactos de otros cuerpos, pero no se sabe cómo el material se adhirió a un objeto casi sin gravedad, se planteó la hipótesis de que el singular meteorito Kaidun que cayó sobre una base militar soviética en Yemen en 1980 es un fragmento de Fobos, pero ha sido difícil de verificar porque se sabe poco sobre la composición de Fobos.



Algunas áreas de la superficie han resultado ser de color rojizo, mientras que otras son azuladas, la hipótesis con respecto a la variación de color es que la atracción de la gravedad de Marte hace que el regolito rojizo se mueva sobre la superficie, exponiendo material relativamente fresco, no meteorizado y de color azulado, mientras que el regolito que lo cubre con el tiempo se ha desgastado por la exposición a la radiación solar; debido a que la roca azul difiere de la roca marciana conocida, podría contradecir la teoría de que Fobos se formó a partir de material planetario sobrante después del impacto de un objeto grande.



Un calentamiento lento indicaría una superficie compacta, tal vez sólida, caracterizada por una elevada conductividad térmica; las observaciones en IR mostraron que la superficie de Fobos se calentaba con notable rapidez después de que emergía de la sombra de Marte, lo que indicaba una capa superficial con una conductividad térmica extremadamente baja (característico de un polvo), ambas superficies (Fobos y Deimos) difunden la luz solar de un modo que es característico de una superficie oscura con una estructura intrincada cuando se observa la superficie bajo un ángulo igual al de iluminación; no existe reflejo o aumento de brillo, las propiedades difusoras de la luz se parecen ciertas zonas de nuestra Luna; en dichas zonas, la superficie no sólo es lo bastante oscura para impedir la difusión de la mayoría de los fotones incidentes, sino también tan intrincada en su textura que cada uno de sus elementos superficiales tiene abundantes rincones y hendiduras que atrapan la mayor parte de los fotones que llegan a ser difundidos.

Deimos

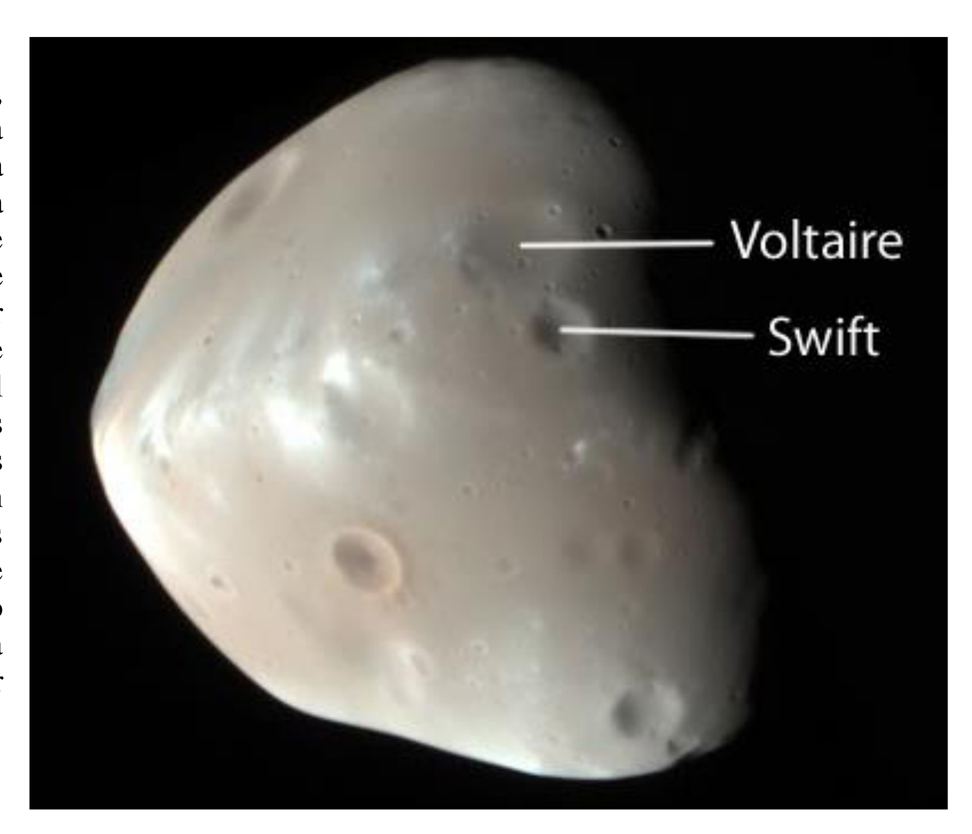
Características generales

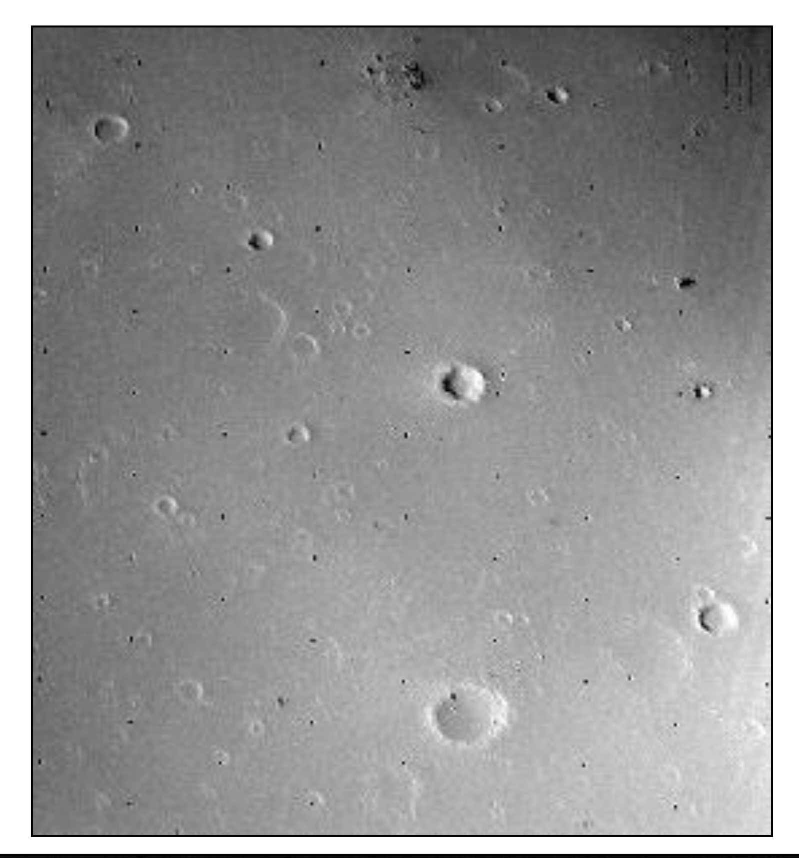
La cobertura de Deimos por el Mariner-9 fue menos completa que el sobrevuelo de Fobos, debido a que sólo se pudo fotografiar el lado del satélite que mira al planeta. Sin embargo, los análisis de ese conjunto de imágenes limitado sugirieron que también la figura de Deimos se acercaba a la de un elipsoide, con diámetros principales de 15,12 y 11 Km, con ligeras irregularidades en el elipsoide, quedando el hecho peculiar de que las dos lunas de Marte son casi idénticas en su forma; de acuerdo a las propiedades reflectantes de la superficie, consta del mismo material que Fobos. Sin embargo, el relieve de Deimos es diferente, su superficie no está cortada por surcos y posee pequeños cráteres y rocas total o parcialmente cubiertos con una capa de regolito de varias decenas de metros de espesor.

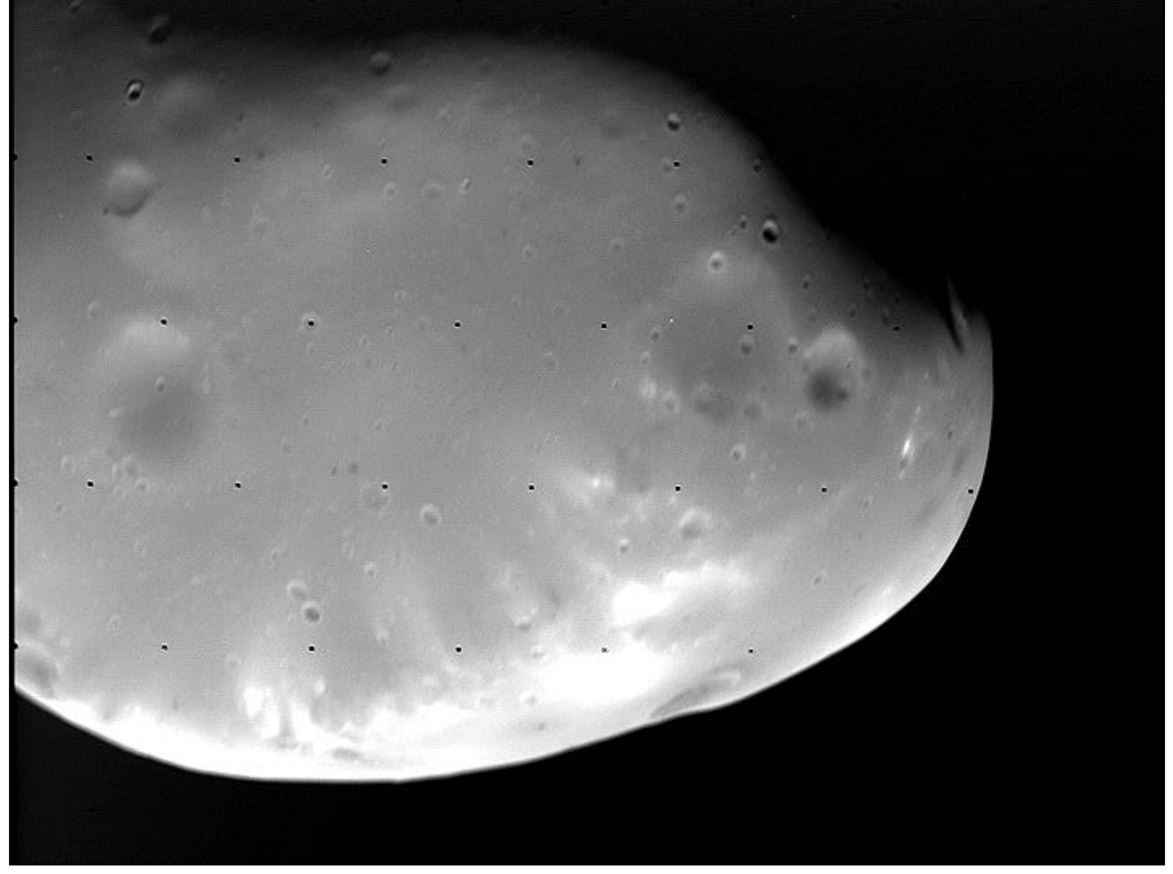
Debido a su pequeña masa, ambas lunas de Marte no deberían haber sufrido cambios geológicos significativos desde la formación del Sistema Solar y, se han conservado en un estado cercano al original, el regolito, la capa superficial, bajo la influencia del viento solar y el bombardeo de meteoritos, sufrió un cierto proceso, el estudio de la superficie de los satélites marcianos permitirá descubrir no sólo las condiciones de formación de los cuerpos del Sistema Solar, sino también su evolución posterior.

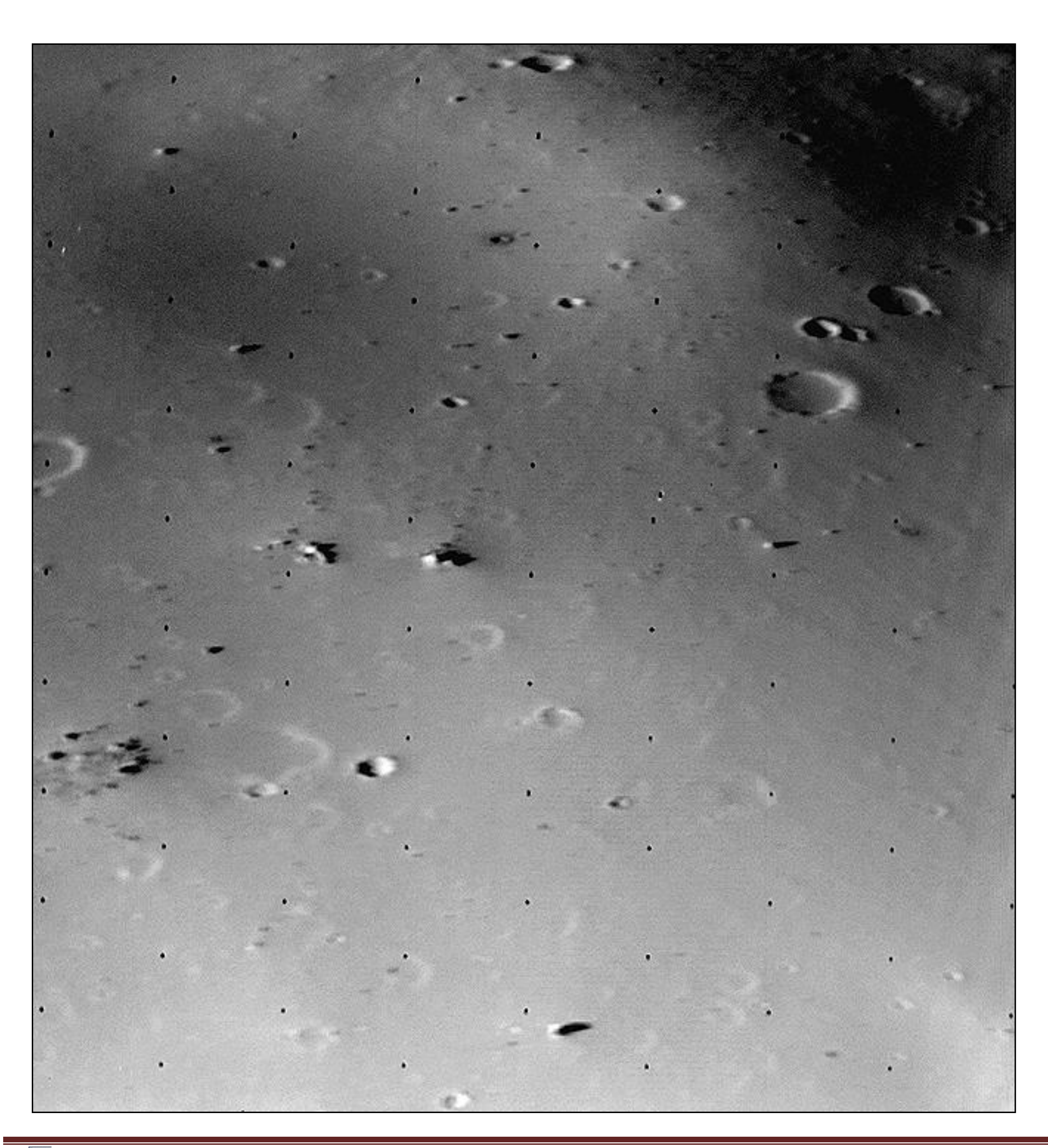
Los resultados de las mediciones tomadas desde las naves espaciales mostraron que tanto Fobos como Deimos son casi el doble de lo esperado, ambos cuerpos tienen una superficie irregular y muy oscura, con numerosos cráteres de origen de impactos, pero, al igual que la Luna, Fobos y Deimos siempre enfrentan un lado hacia Marte; con su eje principal, se dirigen constantemente hacia el centro del planeta.

El mayor de los cráteres de Deimos, visto por primera vez por la sonda Mariner-9 y que luego fue sobrevolada en 1977 por la nave Viking-2, es una estructura erosionada de 2 Km de diámetro bautizada con el nombre de Voltaire, junto a él, existe otro cráter de 1 Km de diámetro, con un reborde muy saliente, denominado Swift, el abierto contraste entre ambos cráteres demuestra la eficacia de los procesos erosivos incluso en cuerpos tan pequeños como éste, las principales fuerzas responsables del desgaste de los cráteres en Deimos debe haber sido producido por impactos de escasa velocidad y las voladuras causadas por los de alta velocidad.





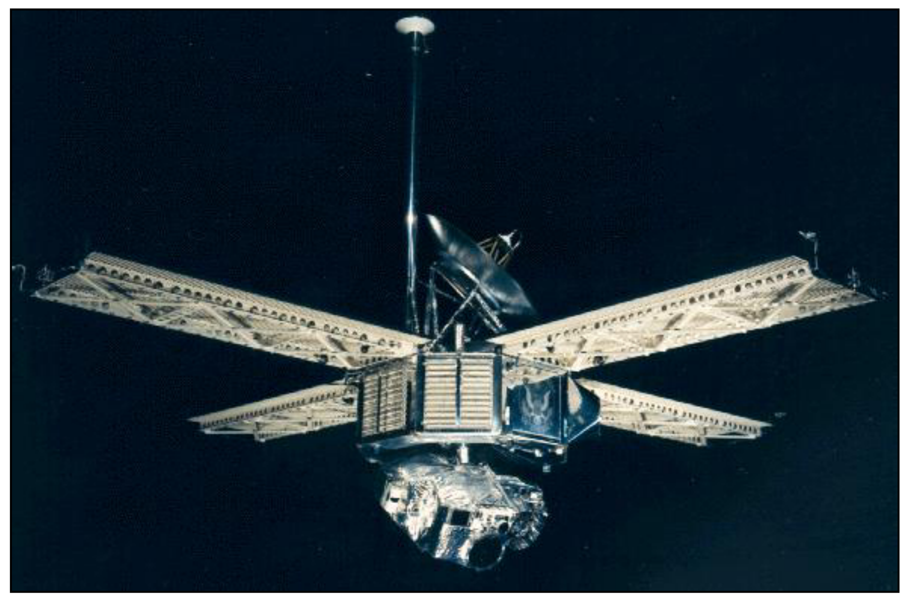


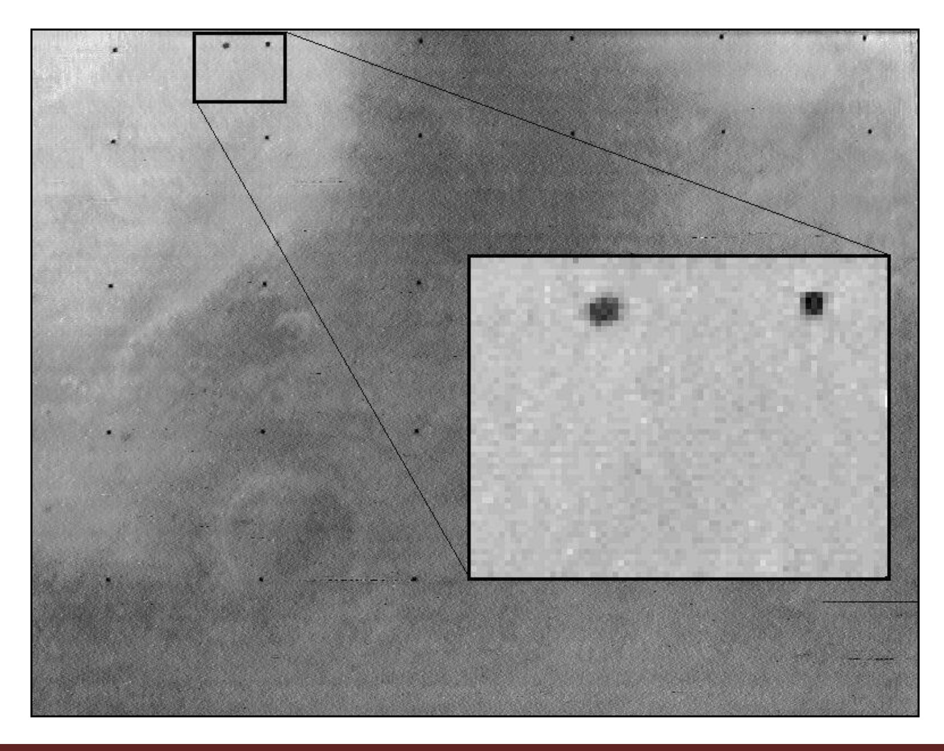


Naves de estudio

Mariner-7

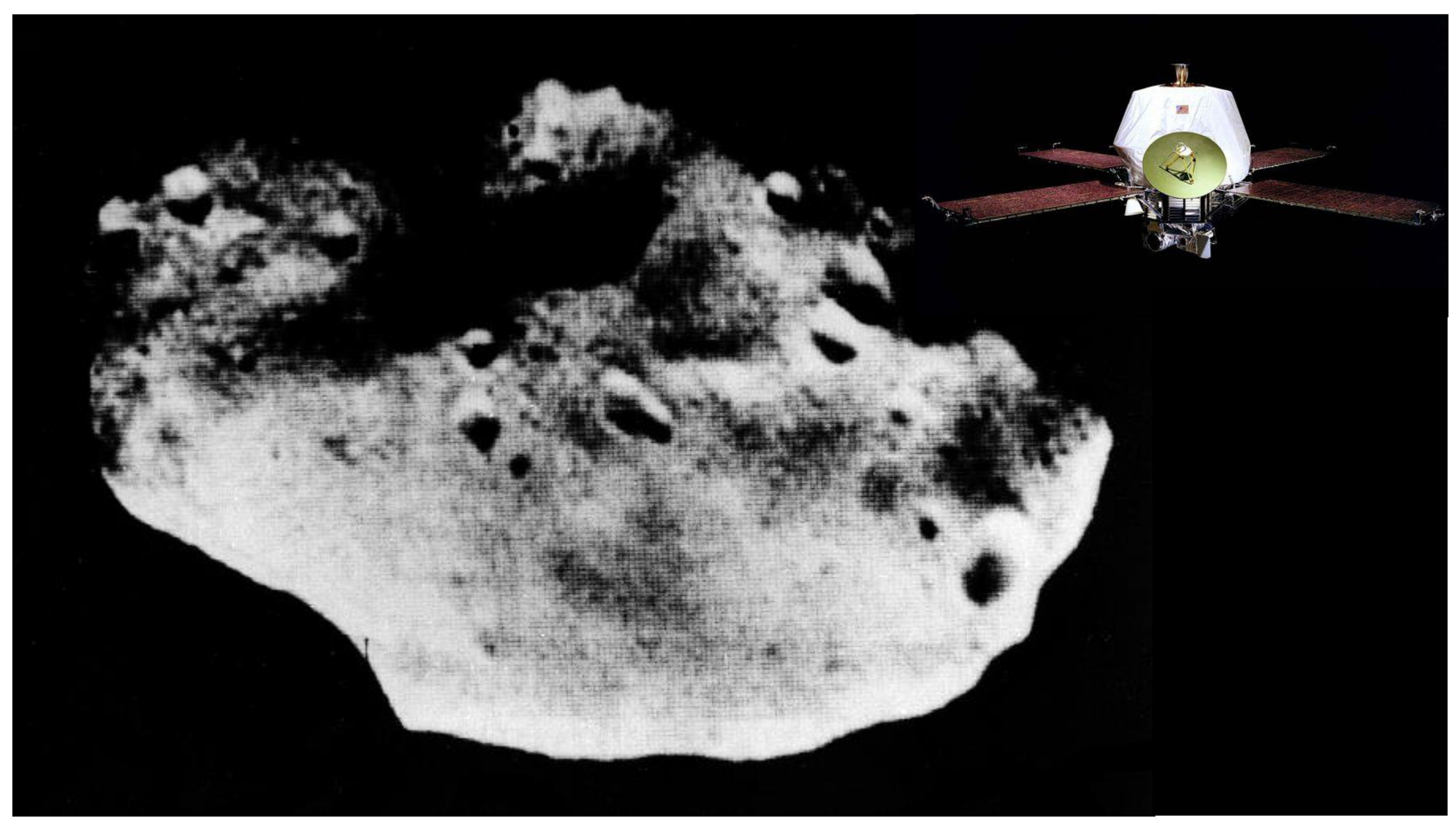
Su lanzamiento se llevó a cabo el 27-03-1969 desde Cabo Cañaveral, llevaba varios instrumentos científicos como Sistema de imágenes (dos cámaras de TV), Espectrómetro IR y UV, Radiómetro IR, experimento de mecánica celeste, experimento de ocultación de Banda S y un radiómetro cónico; su objetivo principal era el planeta Marte cuyo sobrevuelo más cercano fue el 5-08-1969 a una distancia de aproximadamente 3430 Km; a pesar de problemas con la calibración posicional, la sonda registró 93 imágenes de encuentro lejano y 33 de encuentro cercano de Marte, análisis posteriores al vuelo mostraron que al menos tres fotos incluían la luna Fobos, aunque las características de la superficie no eran visibles, las imágenes mostraban claramente que la luna tenía una forma irregular.





Mariner-9

La exploración detallada de ambos satélites marcianos empezó el 14-11-1971 cuando la sonda Mariner-9 se puso en órbita alrededor de Marte; durante su vida útil, el Mariner-9 obtuvo 37 fotografías de Fobos a 5700 Km de distancia y 9 de Deimos, por término medio, la resolución permitía mostrar cualquier forma de más de 200 m de diámetro, el conjunto de imágenes de Fobos era lo bastante completo como para que fuera posible trazar un mapa de la mayor parte de la superficie del satélite y para determinar su forma con considerable precisión; según la observación de la sonda Mariner-7, Fobos era de forma irregular; el análisis de los datos de la nave mostraron que es un elipsoide de tres ejes.

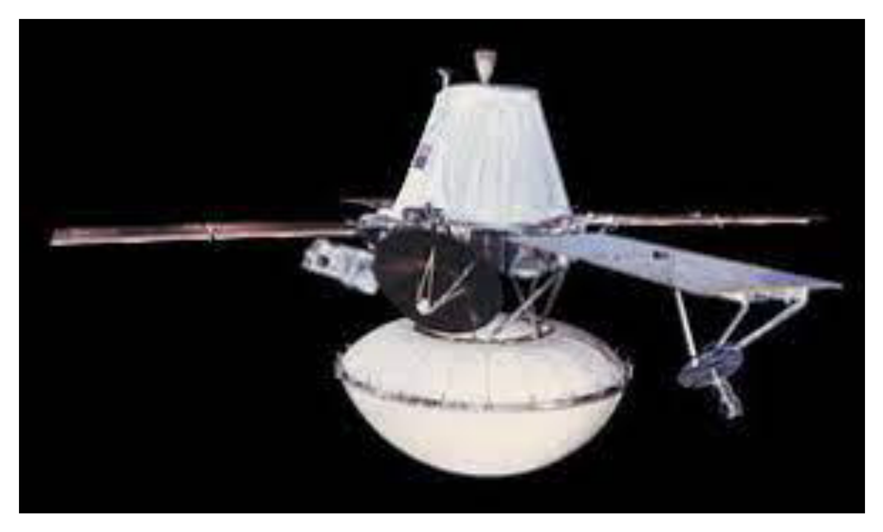


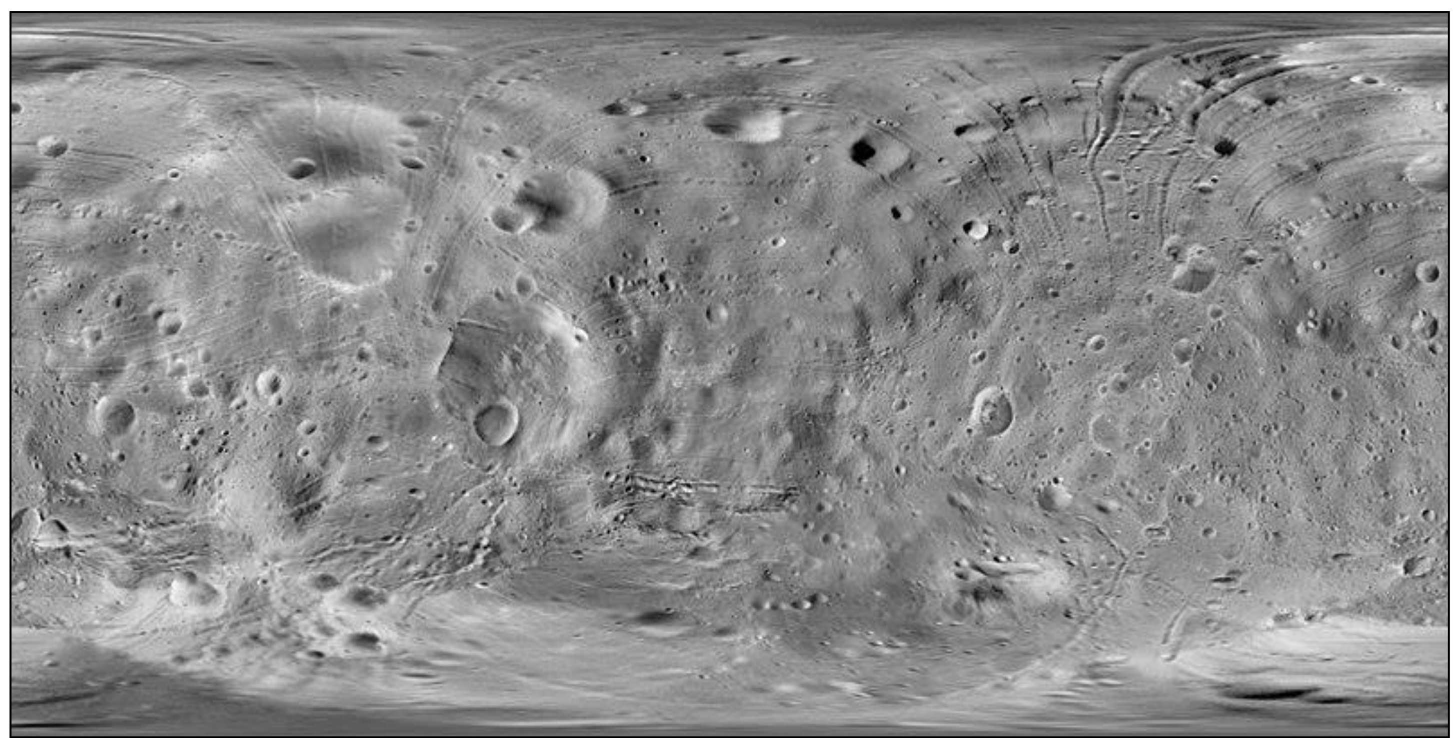
Fobos y Deimos mostraban una profusión de cráteres con rebordes, fácilmente identificables hasta en el limite de resolución de las imágenes; además, los cráteres de Fobos tenían todas las formas posibles, desde perfil alargado, hasta otros que eran perfectamente circulares, había también una amplia gama de edades en los cráteres, desde los que parecían ser jóvenes, con un reborde alzado, hasta depresiones erosionadas tan poco profundas que resultaban escasamente visibles, ausentes de características prominentes en la superficie, como las capas de material eyectado o cráteres con un pico central.

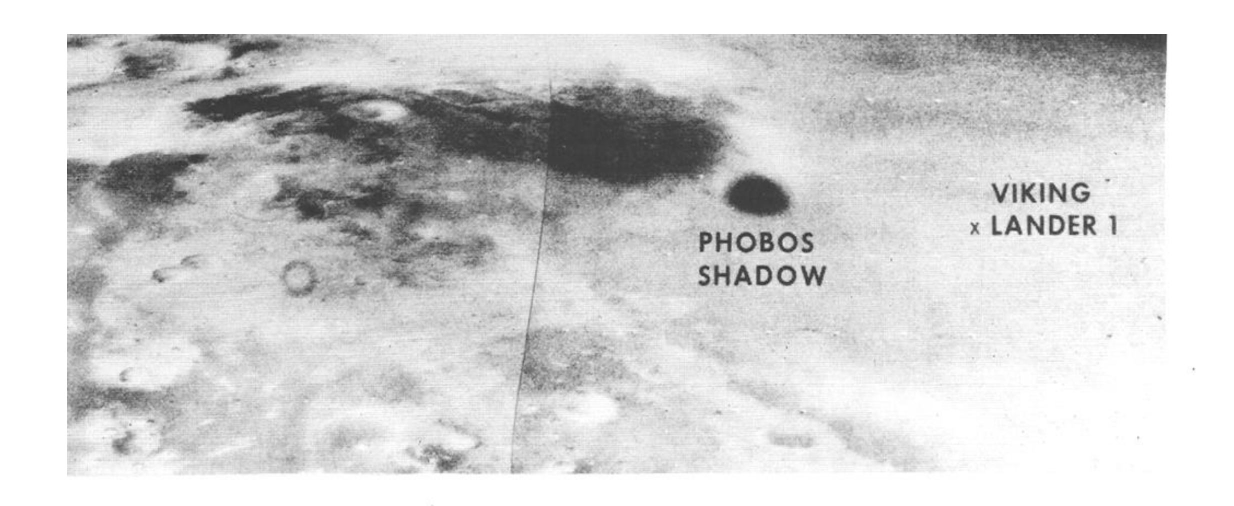
El estudio de los datos del Mariner-9 sugirió que ambos satélites están cubiertos de una capa homogénea de regolito que posee propiedades de absorción de la luz. Sin embargo tal vez resulte poco acertado pensar que el regolito dispuesto sobre cuerpos pequeños (como las lunas de Marte) sea exactamente igual al regolito de la Luna; la explicación más extendida apela a lo que se llama la cola de baja velocidad de los residuos que se forman por impactos, el objeto al chocar imparte partículas residuales en una amplia gama de velocidades, si la velocidad que se requiere para escapar del cuerpo de origen es pequeña, la mayor parte de las partículas disparadas se perderán en el espacio. Sin embargo, si cierta fricción de las partículas no alcanzara la velocidad de escape, seguirá apresada por la gravedad del cuerpo de origen, llegando a cubrirlo con una capa de polvo fino.

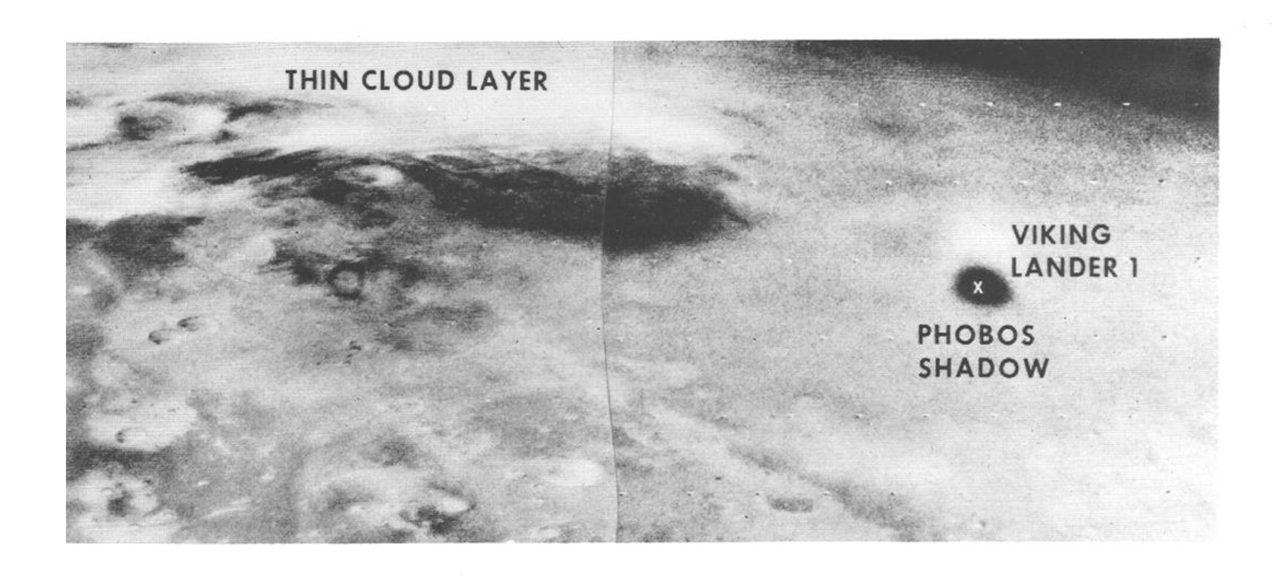
Viking-1

Lanzada el 20-08-1975 desde Cabo Cañaveral a bordo de un cohete Titán III-E/Centaur, los instrumentos de la nave se componían de dos cámaras Vidicon (VIS) para obtener imágenes, un espectrómetro de IR para el mapeado de vapor de agua y radiómetros IR para el mapeo térmico, también llevaba un módulo de amartizaje; el 12-02-1977, la órbita de Viking-1 se modificó para permitir un sobrevuelo de Fobos, sobrevolándolo a 90 Km de altura, y en 1980 pasó a 300 Km; las imágenes de alta resolución proporcionadas por la sonda fueron las primeras que se obtuvieron en un cuerpo en órbita alrededor de un planeta en el Sistema Solar y los datos proporcionados permitieron obtener información sobre la morfología de su superficie y propiedades físicas y dinámicas de esta luna, se descubrió que Fobos era más pequeño de lo que había sugerido la sonda Mariner-9, pudo realizar un mapa detallado de Fobos y también obtuvo imágenes de la sombra de Fobos pasando por encima del módulo de amartizaje, imágenes que se utilizaron para conocer la posición precisa del módulo, y mejorar la precisión de las coordenadas geográficas de los mapas marcianos.

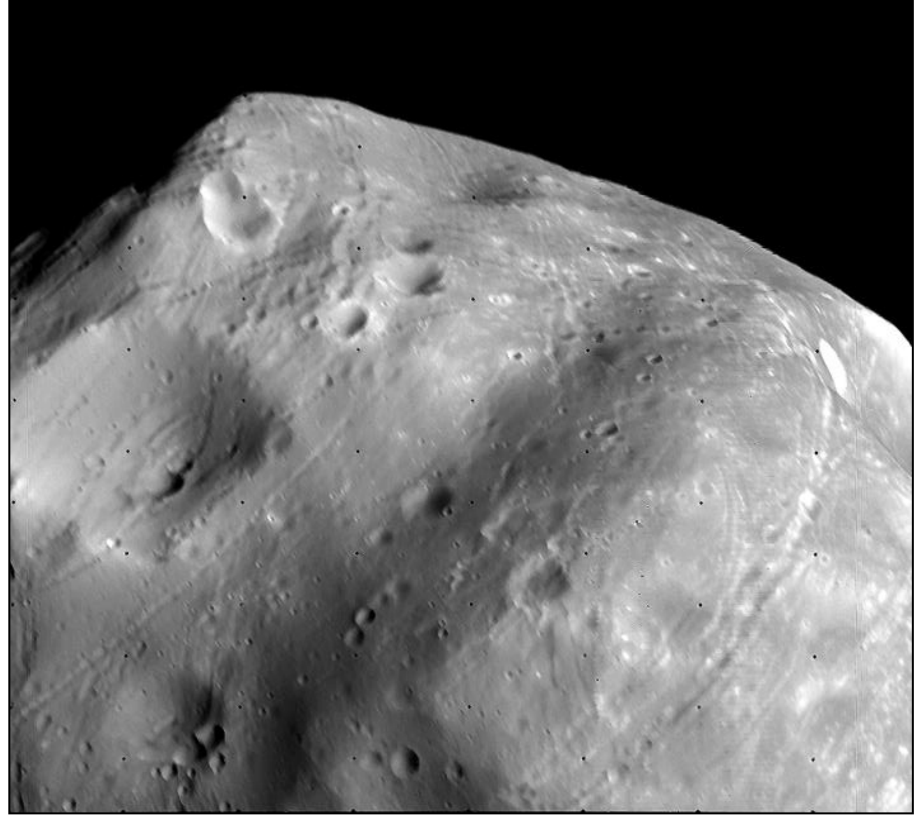


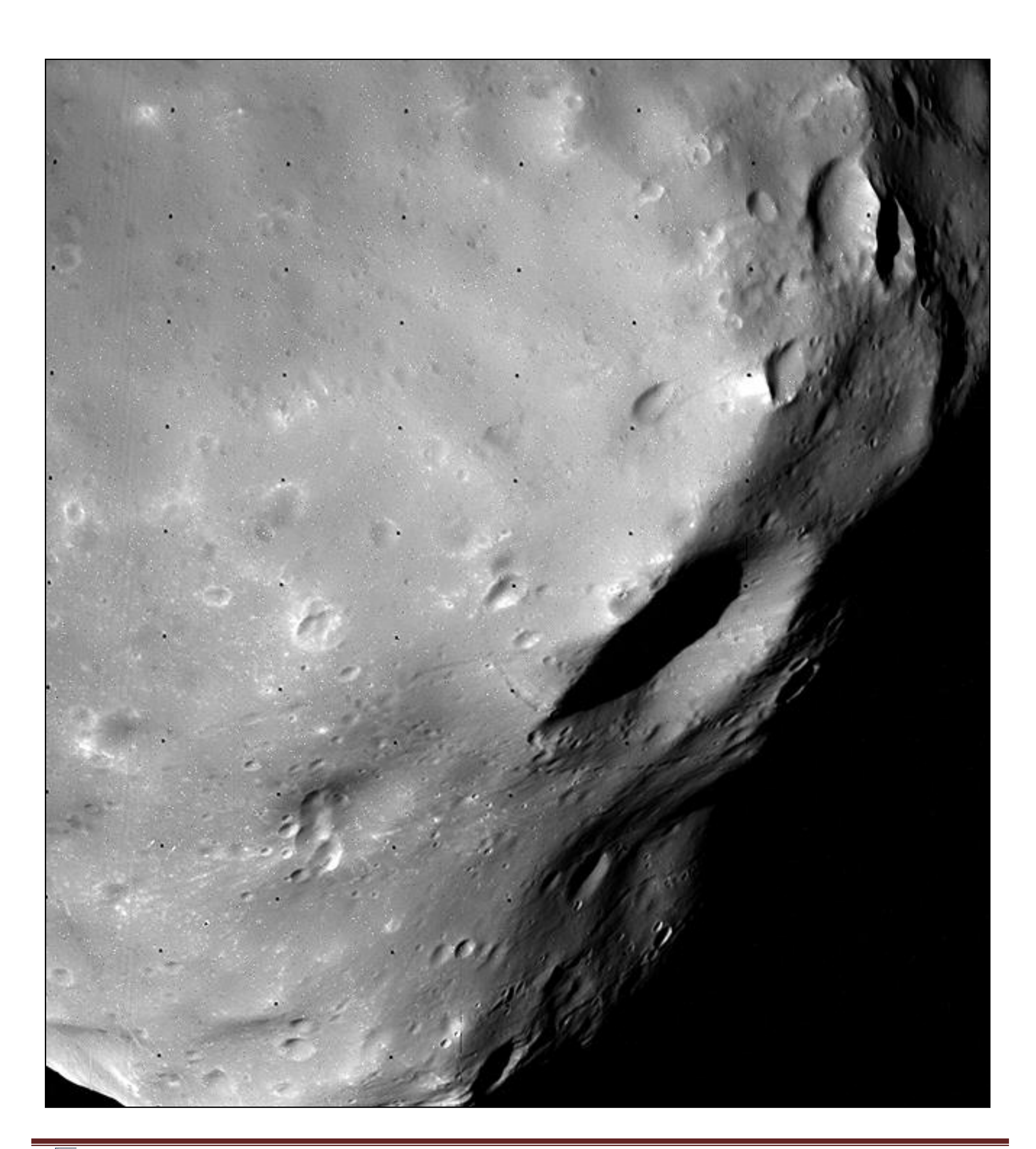



VIKING
x LANDER 1
PHOBOS
SHADOW


THIN CLOUD LAYER
VIKING
LANDER 1
x
PHOBOS
SHADOW

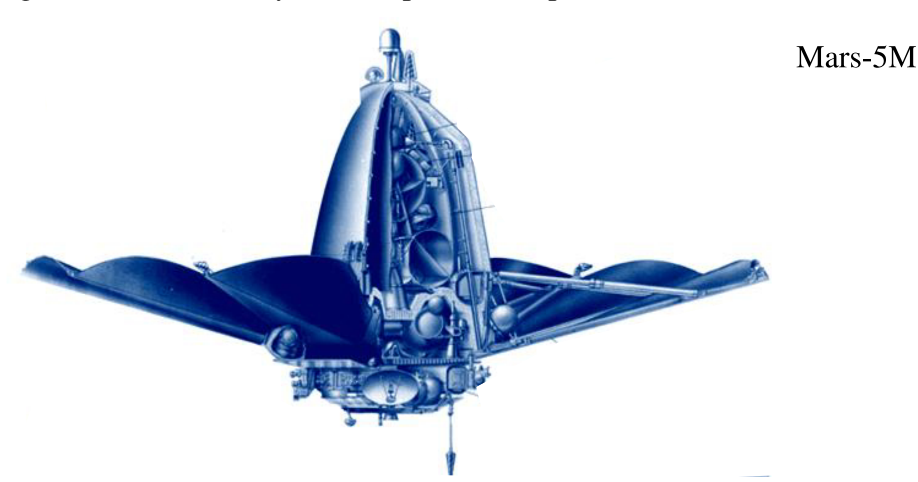

VIKING
x LANDER 1
PHOBOS
SHADOW





Programa Phobos

En 1978 se decidió cancelar la misión Mars-5M, que pretendía traer muestras de Marte a la Tierra, debido a su elevado coste, alta complejidad y baja probabilidad de éxito, el prestigio de la oficina de Lavochkin, que lideraba el diseño de la Mars-5M, sufrió un serio revés, su ingeniero principal, Kryukov, dimitió y fue sustituido por V.M. Kovtunenko, que tenía una amplia experiencia como diseñador de cohetes y los satélites científicos Intercosmos, pero ninguna en sondas interplanetarias, ante el reto al que se enfrentaba decidió buscar su propio método, en 1979 inició el diseño de una nueva clase de nave espacial, la UMVL (Universal Mars Venus Luna), que reemplazaría a la generación anterior y serviría para todo tipo de misiones.



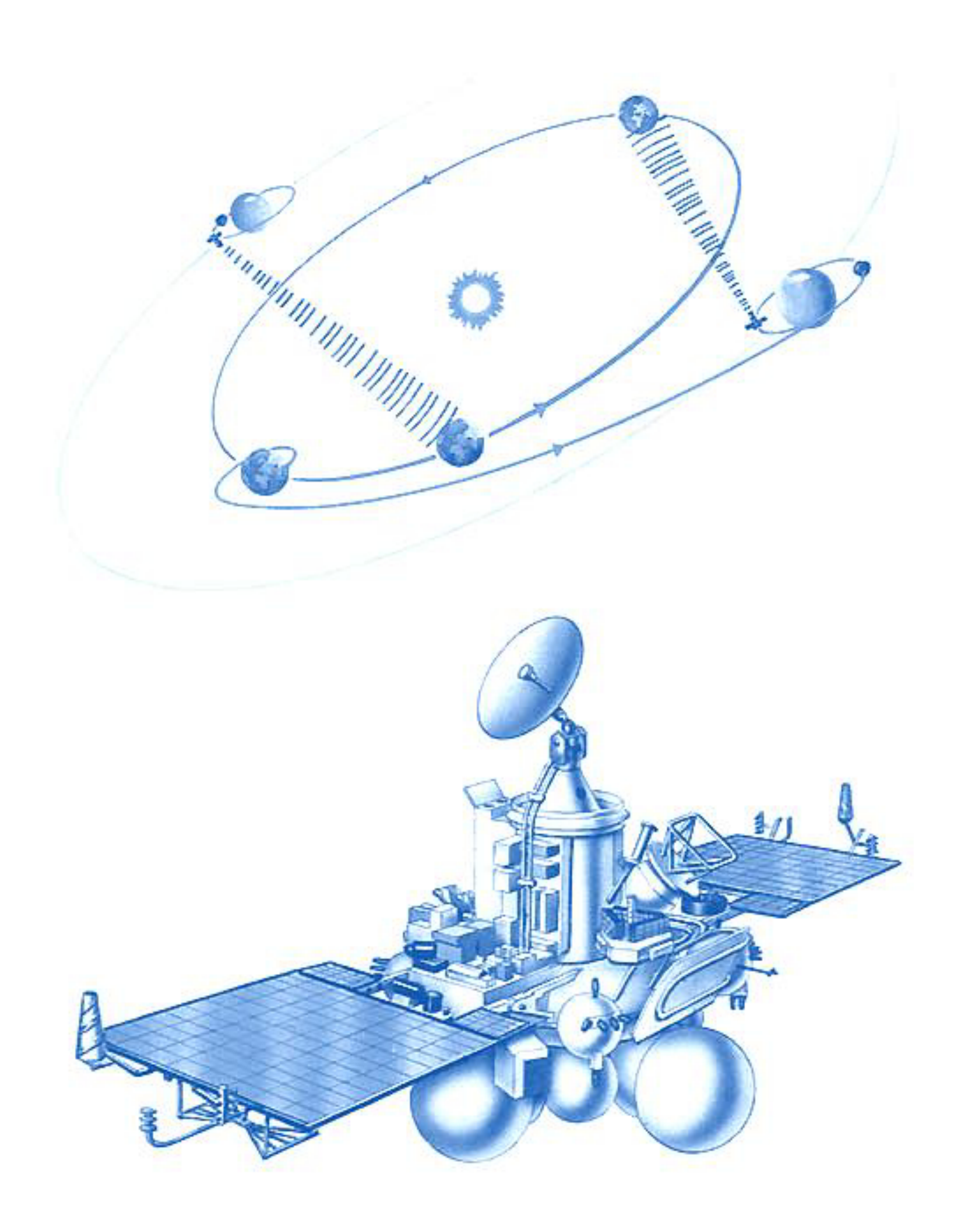
Mars-5M



Kovtunenko esperaba que las primeras UMVL estuvieran listas en 3 o 4 años, mientras tanto mantuvo el diseño anterior para las inminentes sondas a Venus. Sin embargo, el diseño de las UMVL procedió mucho más lento de lo esperado, el proyecto contó con colaboración internacional, participando, entre otros, Suecia, Suiza, Austria, Francia, Alemania Occidental, Bulgaria y Estados Unidos (que contribuyó con su red DSN para el seguimiento de la misión).

Las sondas Phobos-1 y Phobos-2 serían el primer paso de un ambicioso programa soviético de investigaciones en Marte que planeaba ir enviando naves de complejidad creciente, no sólo para profundizar sobre el conocimiento del planeta, sino también para ir configurando un viaje tripulado que tendría lugar alrededor del 2020, en los planes, a principios de la década de 1990, una sonda situada en órbita de Marte realizaría relevamientos topográficos y estudiaría la atmósfera con una sonda aerostática; mediante un módulo de descenso se analizarían las propiedades fisicoquímicas del suelo y se tomarían imágenes de alta resolución, delimitando posibles zonas de descenso de expediciones posteriores, el siguiente paso seria enviar a Marte vehículos capaces de deslizarse por su superficie y traer a la Tierra muestras de rocas y un sistema de naves que regresaran y sean interceptadas en órbita terrestre para proceder a los primeros análisis de los materiales, que no llegarían a los laboratorios hasta que se excluyese cualquier posibilidad de contaminación extraterrestre.

El 7-07-1988 sería lanzada hacia Marte la sonda Phobos-1 y el 12-07-1988 la sonda Phobos-2, ambas desde el Cosmódromo de Baikonur a bordo de cohetes Protón-D, poco tiempo después se empezaría a recibir información científica del programa de investigaciones, que incluía el estudio del Sol y el espacio interplanetario



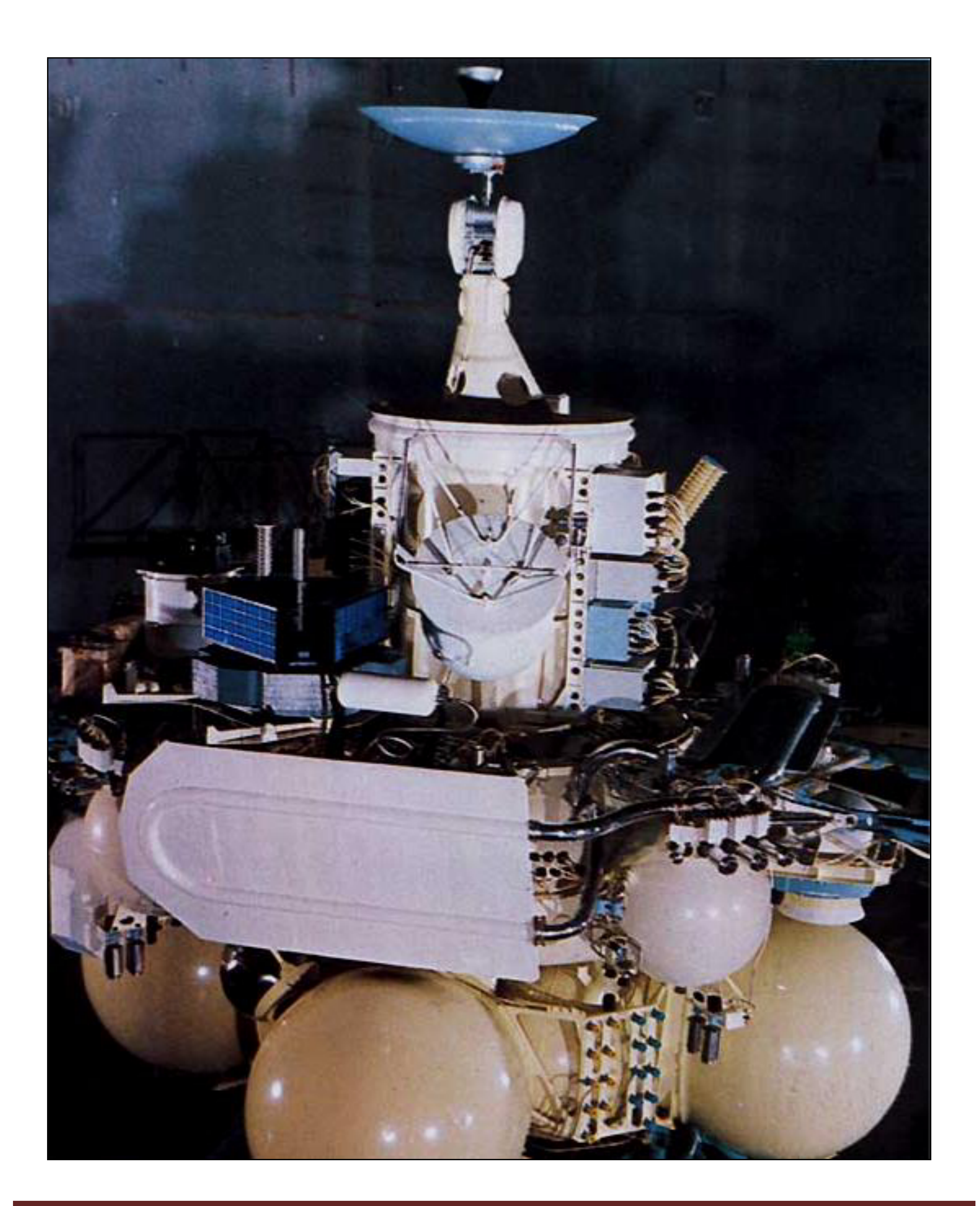
Las sondas Phobos eran casi idénticas en su concepción, llevaban instrumentos científicos como telescopios de rayos-X solares y UV, espectrómetro de neutrones y el experimento de radar Grunt (a bordo de Phobos-1) diseñado para estudiar el relieve de la superficie de Fobos, un módulo de aterrizaje PROP-F (a bordo de Phobos-2) que tenía un espectrómetro de rayos-X/α para proporcionar información sobre la composición de los elementos químicos de la superficie, sismómetro para determinar su estructura interna, un penetrador con sensores de temperatura y un acelerómetro para probar la física y propiedades mecánicas de la superficie, ambas naves llevaban un sistema de imágenes de TV-VSK, espectrómetro automático de fluorescencia de rayos-X, magnetómetro de ferrosonda, sensores de permeabilidad/susceptibilidad magnética, sensores de temperatura, gravímetros, estación autónoma de larga duración (DAS), sensor solar, sismómetro, experimento de mecánica celeste, espectrómetro/radiómetro IR térmico con resolución de 1 a 2 Km, cámara termográfica, magnetómetro, espectrómetro de imágenes de IR cercano, altímetros de radar y láser, espectrómetros de rayos γ, detectores de radiación, experimento automático de plasma espacial con analizador giratorio (ASPERA), experimento láser Lima-D: diseñado para vaporizar la superficie y realizar un análisis químico mediante un espectrómetro de masas.

Por primera vez los soviéticos utilizaban un sistema de varias etapas en el diseño de una sonda interplanetaria, en la primera etapa funcionaba el grupo propulsor autónomo (GMA) con el que se realizaba la corrección en la ruta Tierra-Marte, el frenado al ponerse en la órbita intermedia marciana y las maniobras para pasar a la órbita de observación; en ese punto el GMA se separaba de la sonda que utilizaba en las siguientes operaciones dinámicas el grupo motopropulsor de orientación/estabilización, la estructura de múltiples depósitos de combustible está ideada para optimizar la cantidad de combustible necesaria en cada misión y reducir el peso.

El compartimento de instrumentos era el elemento al que se acoplaban, por debajo el grupo propulsor y los depósitos de combustible y por arriba el compartimento de los instrumentos científicos; después de separarse el GMA se quedaba al descubierto la parte inferior de la nave que llevaba los equipos de servicio y científicos necesarios para la aproximación a Fobos, en la parte superior se encontraban los equipos de investigación solar, al compartimento instrumental se fijaba también el grupo motopropulsor de orientación/estabilización, los captadores del sistema de orientación y una antena, esta composición debía permitir variar (también en la parte superior) los complejos de servicio y experimentales e instalar módulos de descenso o sistemas de acoplamiento con otros aparatos; el segundo factor para reducir el peso había sido la utilización de sistemas de pequeñas dimensiones y bajo consumo energético, la computadora de a bordo (BUK) realizaba funciones de tres sistemas, control, orientación y automático (el equipo de orientación tenía un dispositivo optoelectrónico capaz de orientar la nave tanto por estrellas de débil luminosidad como por Fobos brillantemente iluminado).

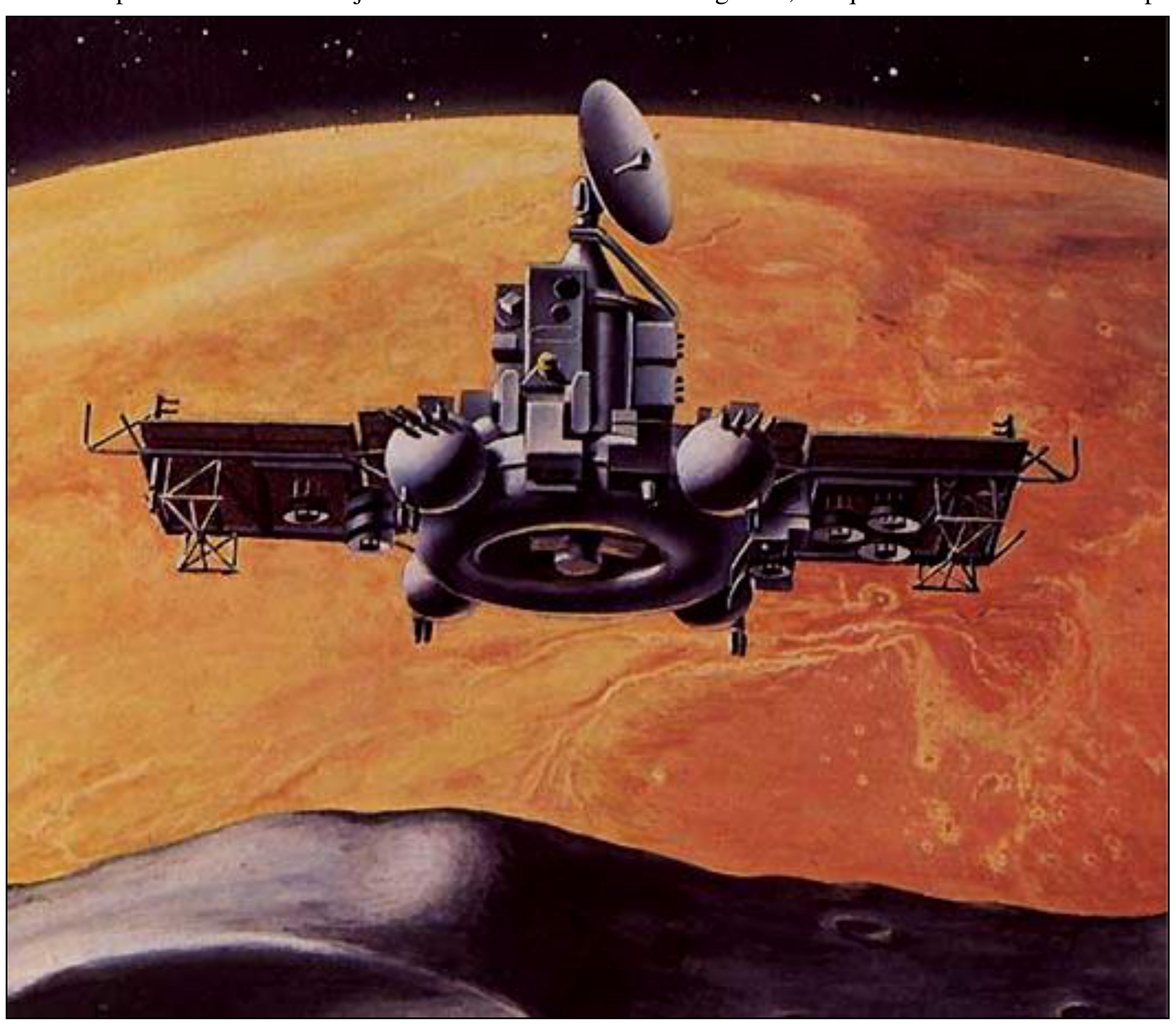
Las computadoras instaladas en Phobos-2, el control de la nave y las sesiones de comunicación no se habían sometido a esquemas rígidos prefijados de antemano, sino que teniendo en cuenta las condiciones reales de vuelo (como la señal de radio que tarda casi 30 min de la Tierra a Marte o viceversa) y se llevaron a cabo con programas flexibles, por lo que la computadora de a bordo tenía que tomar decisiones de forma automática.

El complejo de radio incluía tres grandes sistemas, un sistema de medición de trayectoria, sistema de tiempo de programa y un sistema para recibir, recopilar, procesar y transmitir información (incluyendo la telemetría), las fuentes primarias de electricidad eran baterías solares de tipo tradicional, basadas en convertidores fotovoltaicos, las fuentes secundarias de alimentación (baterías químicas, sobre las que funcionaban las primarias) eran de Níquel-Hidrógeno, el sistema de suministro de energía debía garantizar el funcionamiento normal, incluso cuando casi todos los sistemas de la nave funcionaran simultáneamente.

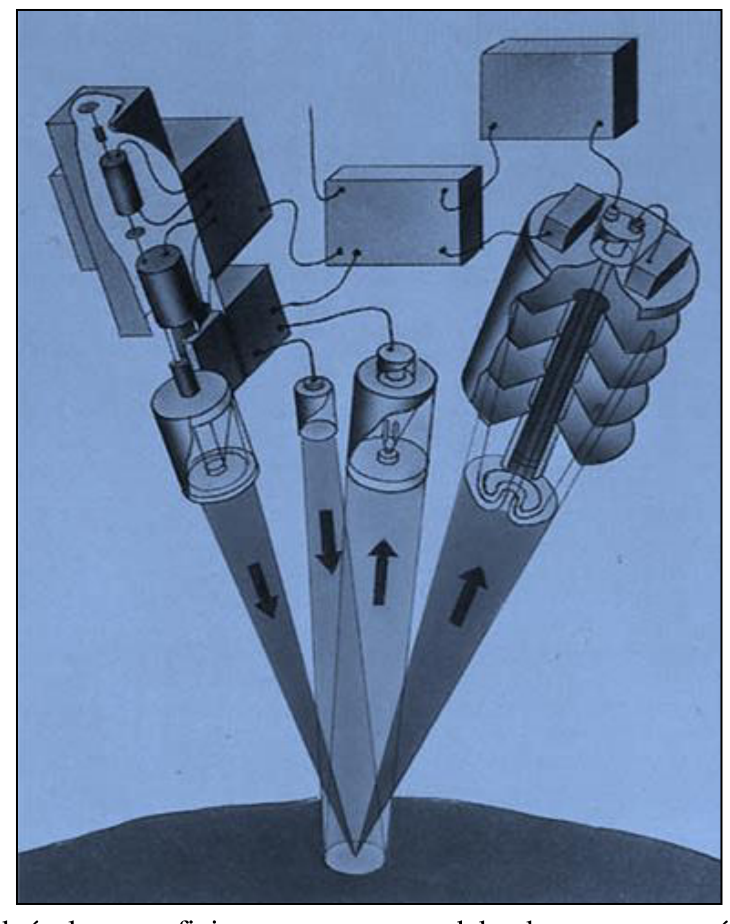


El 25-08-1988, los directivos estaban planeando una sesión ordinaria de comunicación con la nave Phobos-1, los desarrolladores del espectrómetro de rayos γ solicitaron que su dispositivo científico se pusiera en funcionamiento el 30-08-1988 durante unas 10 hrs, tras las cuales enviarían la información recibida a la Tierra, el ingeniero operativo comenzó a elaborar un programa para la sesión, teniendo en cuenta las recomendaciones científicas, y después de especificar la dirección de una de las celdas del sistema de tiempo de programa a bordo, olvidó sustituir una letra, su supervisor inmediato, revisando el programa, no notó el error y el 29-08, en una sesión del comunicación, se presentó el programa a bordo de Phobos-1 (sin esa letra) la orden no era la de apagar el instrumento científico, sino, la de apagar el sistema de orientación y estabilización, por lo que la nave alejó el Sol de sus paneles solares, las baterías al no recibir recarga desde los paneles solares se descargarían, dejando sin energía los sistemas de radio y transmisores a bordo; el 2-09-1988 se inició una sesión programada, pero no se recibió ninguna señal de respuesta, luego de un mes de continuos intentos de restablecer la comunicación, se dio por finalizada la misión.

Phobos-2, no sin dificultad (problemas en su transmisor principal (de los tres canales para la retransmisión de imágenes, dos habían fallado y el experimento de plasma se sobrecalentaba, afectando otros equipos), no obstante la sonda fue capaz de alcanzar su objetivo con el transmisor de emergencia, aunque éste era mucho menos potente.



Al acercarse a Marte en enero de 1989, Phobos-2 llevó a cabo una desaceleración y cambió a una órbita casi elíptica muy alargada, ubicándose sobre el ecuador del planeta, el pericentro (punto de la órbita más cercano al centro de Marte) fue de aproximadamente 4200 Km, el apocentro (punto más lejano) 84000 Km.

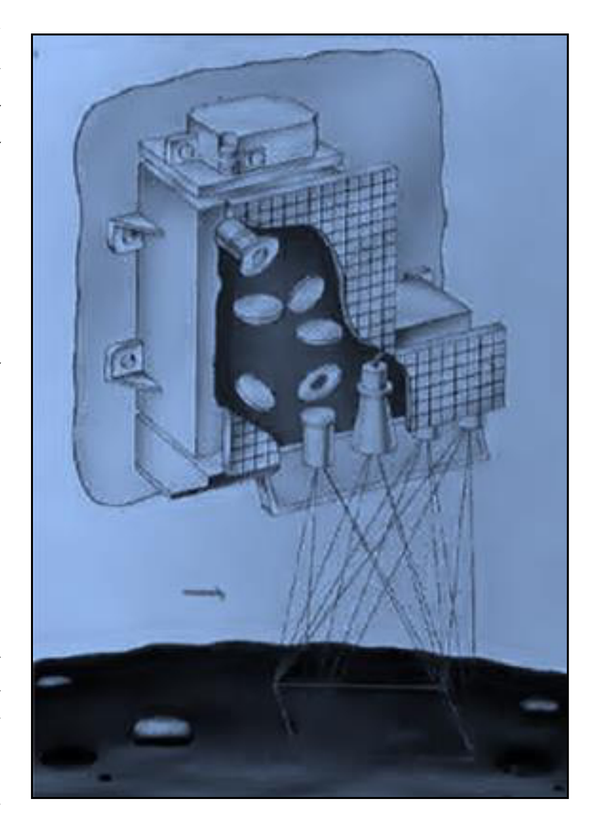


Luego, Phobos-2 pasó a la segunda órbita, con un periápside de 9800 Km, operando en órbitas elípticas durante unos 20 días y usando ese tiempo no solo para mediciones balísticas, sino también para el estudio de Marte y su espacio circundante; por orden desde la Tierra, se movió a una órbita de observación ecuatorial circular, a 6270 Km sobre la superficie de Marte (350 Km por encima de la órbita de Fobos), luego la nave estuvo en la órbita de observación durante 25 días, después de lo cual fue transferida a la primera órbita sincrónica con Fobos, como no había información exacta sobre las órbitas de los satélites marcianos, la estación nuevamente realizó mediciones de navegación de los parámetros de su movimiento en relación con Fobos, en el programa de vuelo estaba previsto un acercamiento de la nave espacial a su superficie por varias decenas de metros e investigación durante un sobrevuelo, controlando su posición con la ayuda de pequeños motores de empuje, la velocidad no excedería de 7 Km/h, en este momento, se realizarían estudios de la composición elemental e isotópica del suelo de Fobos, una pequeña parte de su superficie 1 mm^2) sería iluminado por un rayo láser, debido a la alta precisión de su enfoque proporcionado por el telémetro aerotransportado, la densidad de energía en el punto iluminado sería superior a -10 MW, el polvo que cubría la superficie con una capa delgada se evaporaría instantáneamente, un espectrómetro de masas especial determinaría la composición de las partículas expulsadas hacia la nave, se planeó registrar aproximadamente un millón de partículas durante un ciclo de medición., luego, habiendo especificado las formas y detalles de su relieve en el proceso de filmación de TV, se comenzaría a seleccionar un sitio de aterrizaje; mientras tanto, los sistemas terrestres (habiendo completado el procesamiento de la información) se prepararían para enviar otro comando a bordo, ir a la segunda órbita sincrónica con Fobos, y luego, descender.

A 35 Km de la superficie, la nave tomaría el control (que sería realizado por la computadora de abordo BUK, contando con la asistencia de medios radiotécnicos) se pondrían en funcionamiento los radioaltímetros de alturas medias y altas, Doppler, y de rayos-X de alturas bajas, cuando la nave sobrevolara a Fobos a 50 m de altura, a una velocidad de aproximadamente 7 Km/h, estudiaría las propiedades químicas y físicas del suelo durante 15 minutos.

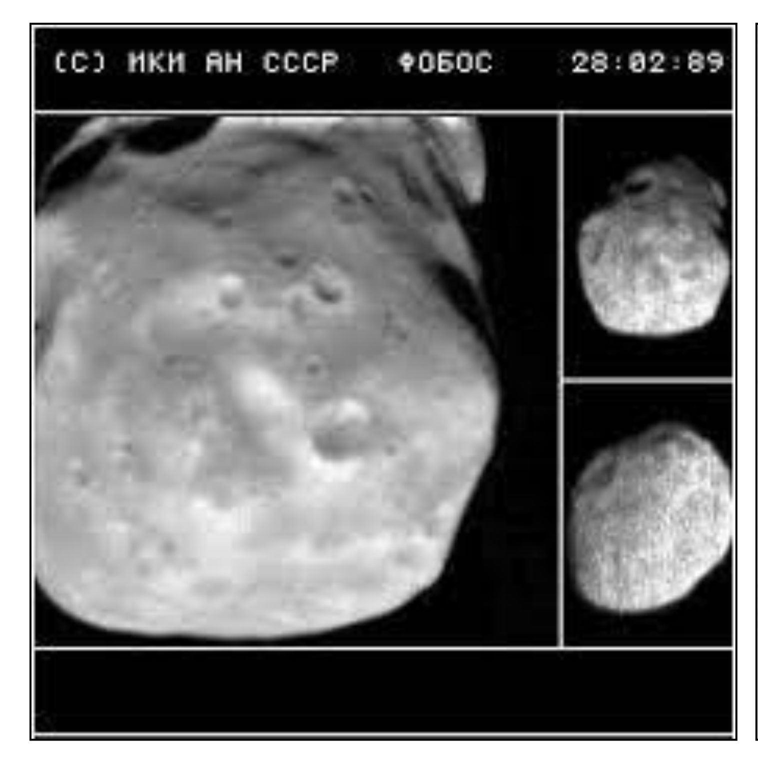
Se planeaba llevar a cabo estudios complejos que incluían filmaciones, transmisión de radio de su estructura interna, láser e irradiación con haz de iones con la evaporación de su superficie, finalmente las sondas aterrizarían de modo automático y Phobos-2 quedaría en órbita de Marte para continuar con las tareas científicas de la misión.

La técnica de otro experimento activo que se planeaba realizar, se basaba en la emisión de una corriente de iones de Kriptón por una pistola de plasma, las partículas secundarias eliminadas por la capa superficial del suelo serían analizadas por espectrómetros de masa a bordo de Phobos-2.

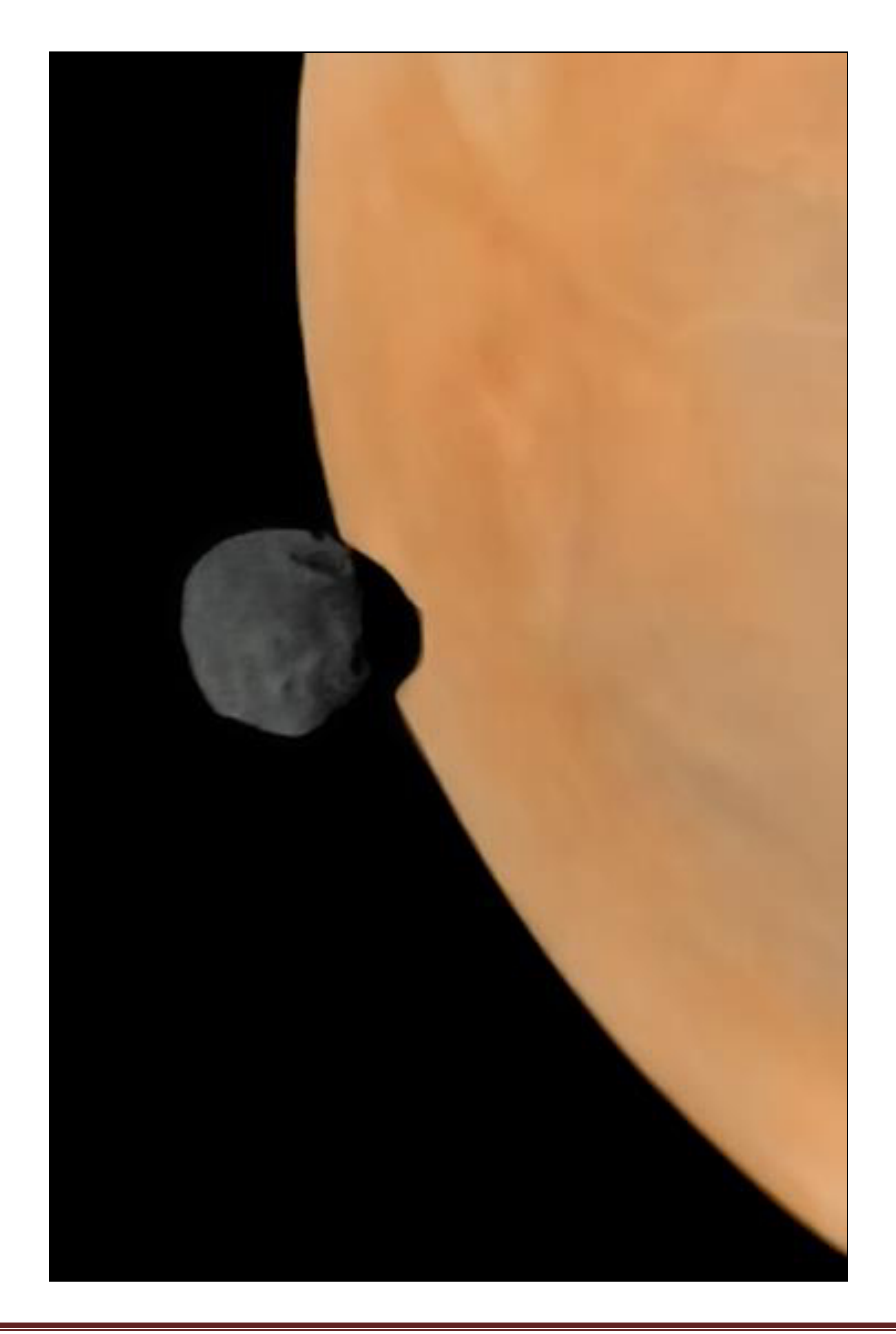


La fotografía de Fobos, tuvo que realizarse simultáneamente en tres rangos espectrales, se planeó sintetizar entonces fotografías en color a partir de imágenes en blanco y negro, y distinguir detalles superficiales con dimensiones lineales mayores a 6 cm, se suponía que debía realizar simultáneamente la espectrometría de las áreas filmadas en 14 zonas espectrales.

El dispositivo de almacenamiento incluido en el complejo espectrométrico de vídeo estaba diseñado para registrar 1100 fotogramas completos (tres fotogramas de TV y un espectrograma) con su posterior transmisión a la Tierra, permitiendo compilar mapas topográficos, estructural-morfológicos y llevar a cabo la referenciación por coordenadas de todas las medidas, también se planificó que el estudio del relieve, estructura de la superficie y características eléctricas del suelo se llevara a cabo mediante sondeos de radio desde la nave espacial, cuando se desplazaría a baja altura sobre la superficie.



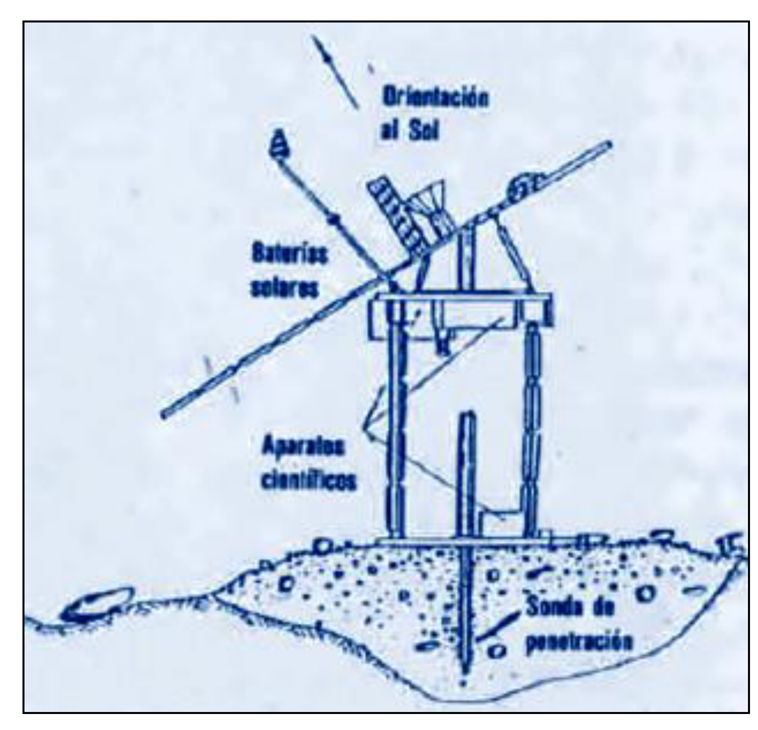




Estación Autónoma de Larga Duración (DAS)

Phobos-2, antes de alejarse del satélite, con la ayuda de un manipulador extraería la DAS (estación autónoma de larga duración) calculadas para trabajar durante un año, la sonda autónoma giraría para estabilizar el movimiento y volar hacia la superficie, los sensores de contacto serían los primeros en tocar el suelo de Fobos, inmediatamente emitirán un comando para el anclaje en la superficie por medio de un arpón que se clavaría en el suelo.

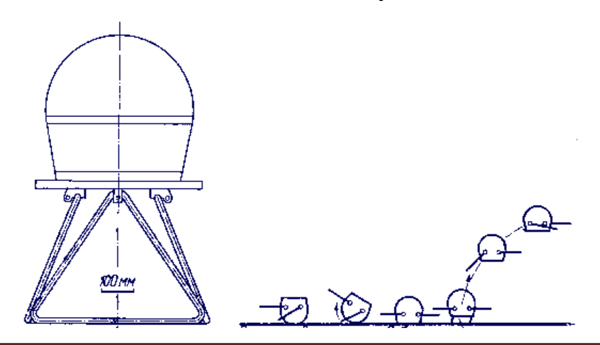
Luego se abrirían los elementos estructurales del DAS, paneles solares, y sensores del equipo científico, una de las tareas sería la medición a largo plazo de los parámetros orbitales de Fobos, como el satélite marciano es mucho más grande que el aparato, se podía despreciar la influencia de las fuerzas no gravitatorias en el movimiento de Fobos, mediciones exactas en mecánica celeste, como precisar la magnitud de la unidad astronómica, también estudiaría el suelo, su estructura y propiedades fisicoquímicas, para ello, se instaló en la DAS un dispositivo de medición de vibraciones, que podía determinar la capacidad portante del suelo, un espectrómetro de fluorescencia de rayos-X y un espectrómetro de retrodispersión α para determinar la composición química de la capa superficial, un sistema de TV para obtener una vista panorámica del sitio de aterrizaje y sensores térmicos para determinar la temperatura en la superficie de la luna marciana.

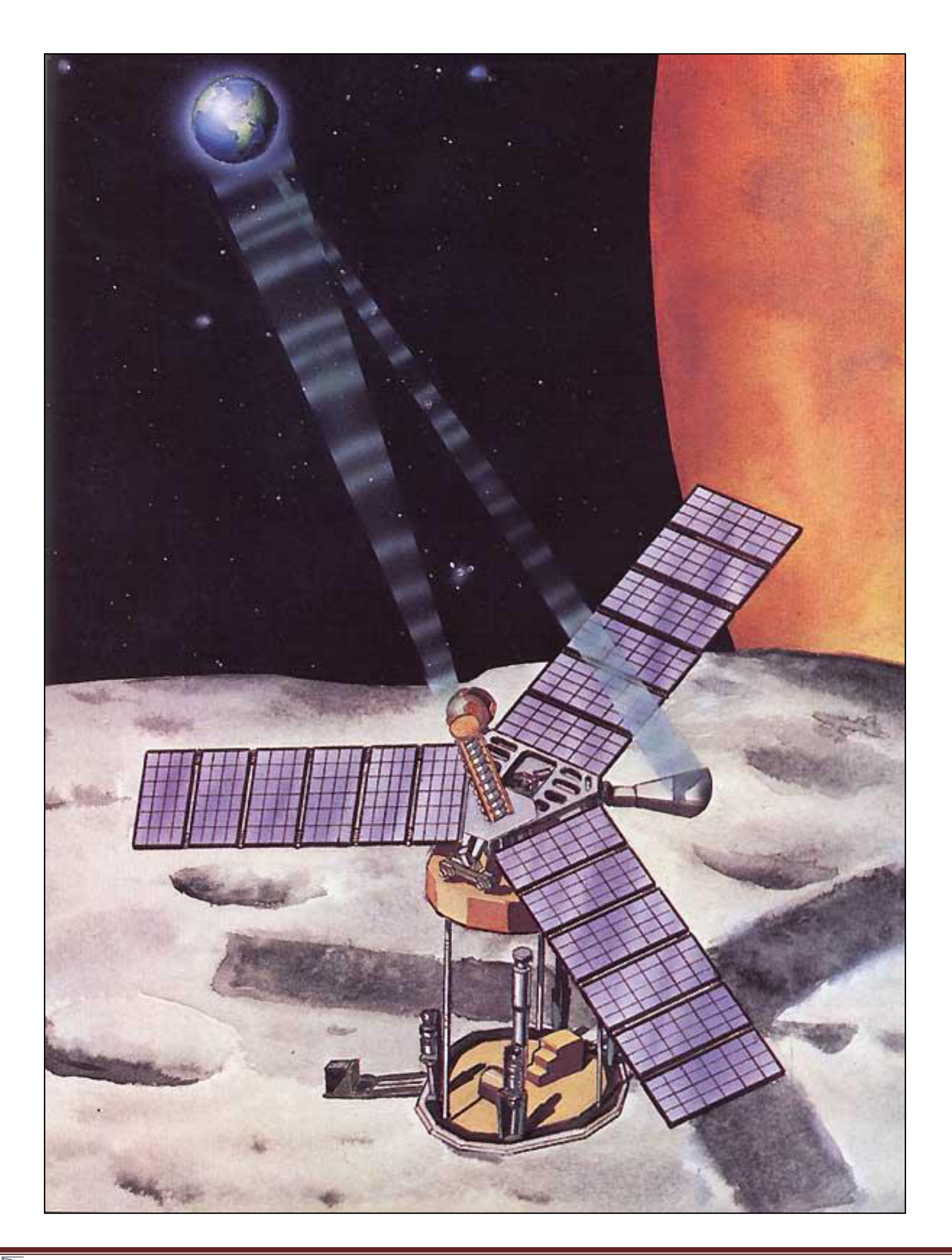


Otro experimento, estaba relacionado con el estudio de la libración de Fobos, sus oscilaciones periódicas bajo la influencia de la atracción de Marte y el Sol, se suponía que la posición del satélite estaba determinada por mediciones de interferencia de radio de señales de transmisores ubicados en distintos lugares, y la posición del Sol era fijada independientemente por el sensor óptico del DAS dirigido hacia él, y un experimento más a largo plazo, el registro por un sismómetro del ruido causado por el campo gravitacional de Marte y la expansión térmica de las rocas de Fobos durante su transición del día a la noche o por la caída de meteoritos.

La irregularidad de la distribución de masas en su interior también tiene un efecto muy débil sobre el satélite, en estas condiciones, el suministro de señales de radio por parte del transmisor a bordo del DAS y su recepción por las antenas de 70 m de diámetro de Eupatoria y Ussuriysk, y una antena de 64 m de diámetro cerca de Moscú, permitirían realizar estudios únicos sobre la mecánica celeste, cuando estuviera fuera de la zona de radio visual de la Unión Soviética, se incluirían radiotelescopios ubicados en Europa, Estados Unidos, Australia y África.

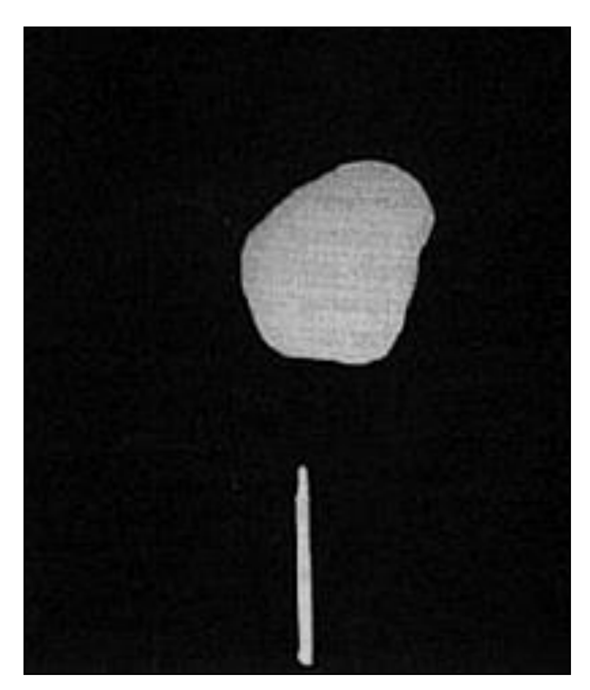
La misión del otro módulo de aterrizaje (PROP-F) tenía como objetivo, después de separarse y aterrizar, soltar los dispositivos de orientación, luego, se colocaría en una posición de trabajo y comenzaría a medir las propiedades físicas y mecánicas de la superficie, transmitiendo la información recibida a través del dispositivo a la Tierra, cada uno de los ciclos de trabajo (previstos 10 en total) finalizaría con un salto de 20 m.





El 29-01-1989, la nave Phobos-2 entró en la órbita calculada, comenzaron las maniobras balísticas y como resultado de toda una serie de operaciones activas, el aparato fue llevado a Fobos, el 27-03-1989, de acuerdo con el programa de la sesión, se debía recibir una señal desde la nave, pero no fue así, tan pronto como se cortó la comunicación por radio con la nave, doce grupos de especialistas comenzaron rápidamente a analizar la situación de emergencia, como resultado de las acciones realizadas, se recibió una señal en el rango de ondas centimétricas desde Phobos-2, pero no se pudo extraer información telemétrica de la misma y luego la señal desapareció, durante 20 días se intentó restablecer la comunicación, el 27-03-1989, la NASA se ofreció para enviar a través de su red de seguimiento Deep Space Network (DSN) una señal de alta frecuencia, operación que se había realizado en otras ocasiones. Sin embargo los soviéticos no consideraron posible tal medida porque pensaban que el fallo estaba en el transmisor de a bordo (la DSN iba a participar en la siguiente fase de la misión recibiendo datos para determinar la posición exacta del satélite marciano mediante interferometría), finalmente el Centro de Control de Misión decidió dejar de trabajar, dando fin a la misión; la segunda mitad de 1988 y principios de 1989 se caracterizaron por una mayor actividad solar, las mediciones de la nave, tomadas poco antes de su desaparición, mostraron picos de radiación solar especialmente poderosos, lo que también podría conducir a un mal funcionamiento en los circuitos electrónicos de los equipos informáticos que llevaba a bordo.

Se obtuvieron 37 imágenes y espectrogramas de TV de alta calidad desde distancias de 200-1000 Km; la resolución espacial de las mejores imágenes de la superficie de Fobos es de unos 40 m, los datos obtenidos (después de un procesamiento detallado) ayudarían a aclarar la información sobre la libración y el movimiento orbital de Fobos, su forma, masa, densidad y albedo local.



De acuerdo a la última fotografía que envió la nave que muestra un objeto cerca de Fobos, la probabilidad de una colisión con alguna partícula de una sustancia densa no se puede descartar por completo, uno de los doce grupos de destacados expertos que estudiaron el peligro de los meteoritos concluyó que podría haber partículas sólidas en las cercanías de Fobos que podrían haber dañado la nave espacial, el hecho es que debido a los impactos de varios cuerpos celestes en Fobos, al no tener atmósfera y una atracción fuerte, una cantidad significativa de tales partículas podría haberse acumulado en órbitas cercanas.

Los estudios de Fobos se llevaron a cabo mediante métodos de detección remota en el rango IR, así como con la ayuda de tomas de TV; en el rango IR, la resolución espacial fue de 0,5 Km, al mismo tiempo, fue posible fotografiar una cuarta parte de la superficie del satélite, el análisis preliminar mostró una heterogeneidad de la composición del suelo, un contenido de agua en minerales inferior al esperado, la temperatura registrada de la superficie nocturna de Fobos no excedía los 27 °C.

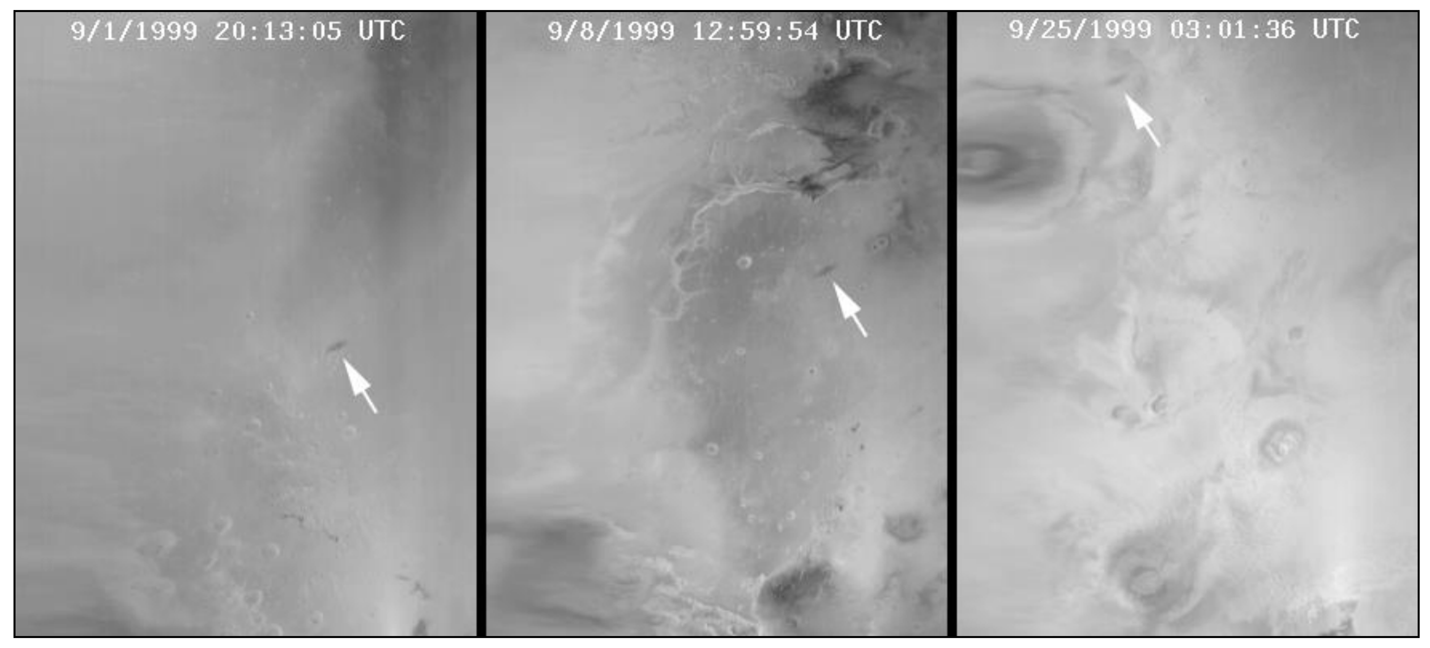
Se realizaron 25 mediciones del espectro de radiación solar que atravesaba la atmósfera de Marte a varias alturas sobre el limbo del planeta, las mediciones permitieron determinar el contenido y distribución vertical de Ozono, Oxígeno, vapor de agua, dióxido de Carbono, polvo y también construir perfiles de temperatura de la atmósfera, se llevaron a cabo mediciones del campo magnético, ondas electromagnéticas y partículas cargadas en las proximidades de Marte, demostrando que la ionosfera de Marte es una poderosa fuente de iones pesados que escapan al medio interplanetario, y que Fobos y Deimos forman columnas de plasma notables cuando interactúan con el viento solar.

Eclipses de Fobos



Phobos-2, antes de perder la comunicación con la Tierra, fotografió una sombra en la superficie de Marte, Fobos y Deimos, al eclipsarse con el Sol producen sombras en su superficie, al igual que la Luna lo hace con la Tierra, pero la sombra era demasiado estirada para tener este origen, sobre todo desde el punto de vista de la nave, que tomó sus últimas imágenes muy cerca de Fobos, por lo que la sombra de éste debería parecer circular, lo que dio a especulaciones sobre un objeto de grandes dimensiones que estaría entre la nave y Marte, y que había sido visto tanto por la cámara óptica como por la cámara IR. Sin embargo, el 29-08-1999 y los días 01-08 y 25-09-1999, la sonda Mars Global Surveyor, con su cámara de gran angular, también fotografió la sombra de Fobos sobre la superficie marciana, demostrando que tenía características similares.

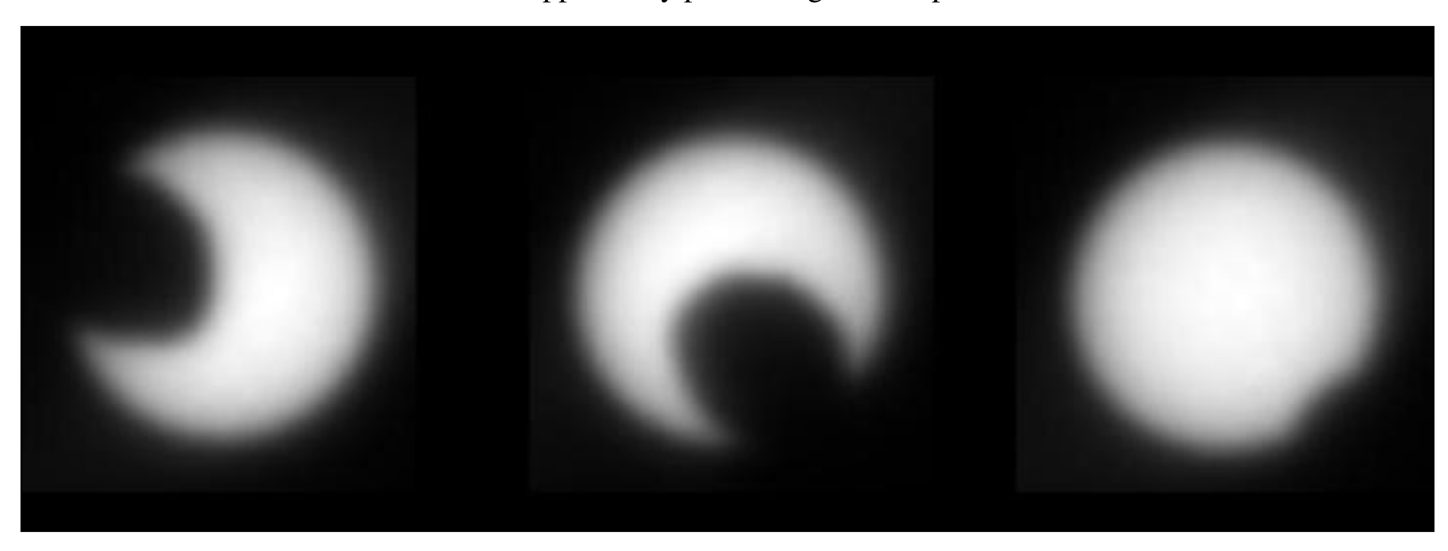




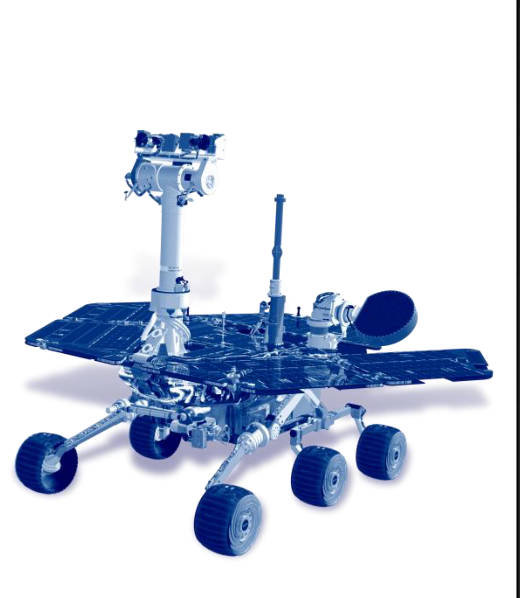


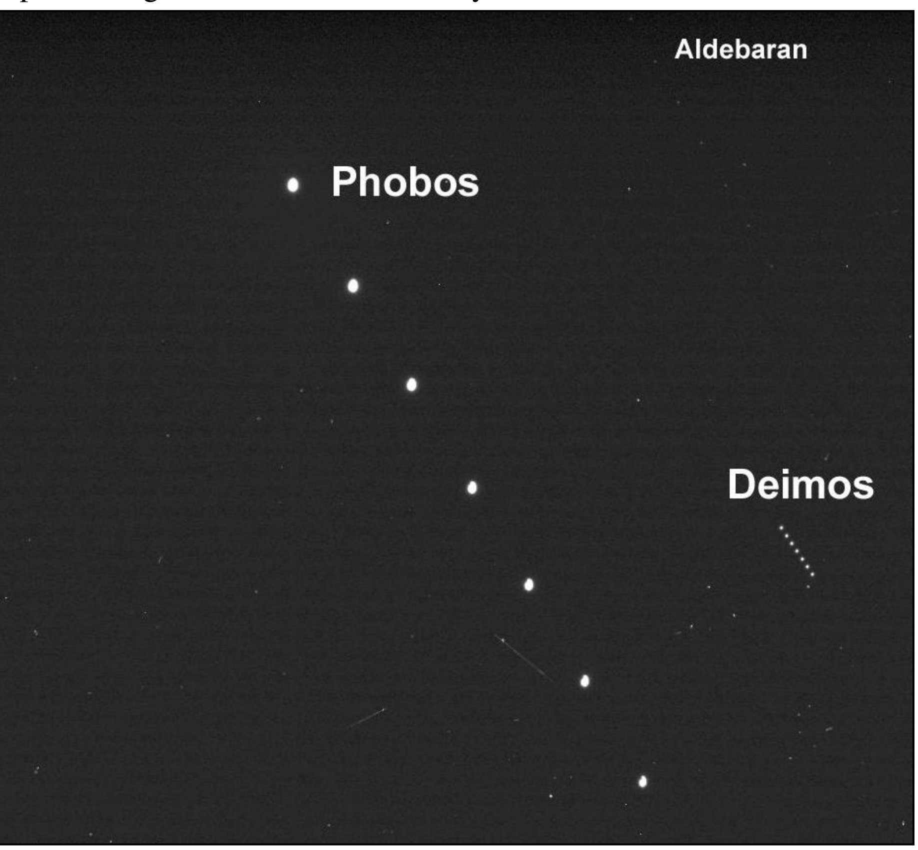
Misiones Mars Exploration Rover (MER) Spirit y Opportunity

Las misiones MER con rumbo a Marte eran dos rovers lanzados por separados a bordo de cohetes Delta-II 7925 desde Cabo Cañaveral, el rover MER-A Spirit, fue lanzado el 10-06-2003 y posteriormente el rover MER-B fue lanzado el 7-07-2003; Spirit amartizó en el Cráter Gusev el 4-01-2004, mientras Opportunity hacía lo propio en Meridiani Planum el 25-01-2004, ambas naves tenían como objetivo explorar la superficie y la geología de Marte, en varias oportunidades estos vehículos desde la superficie de Marte pudieron filmar y fotografiar eclipses de Fobos, entre ellos el 13-03-2004 el rover Opportunity pudo fotografiar el paso de Fobos delante del Sol.



El rover Spirit tomó varias fotografías de corta exposición desde la superficie marciana el 04-09-2005, con diferencias de 150 seg. entre cada imagen, pudo fotografiar con éxito a Fobos y Deimos.

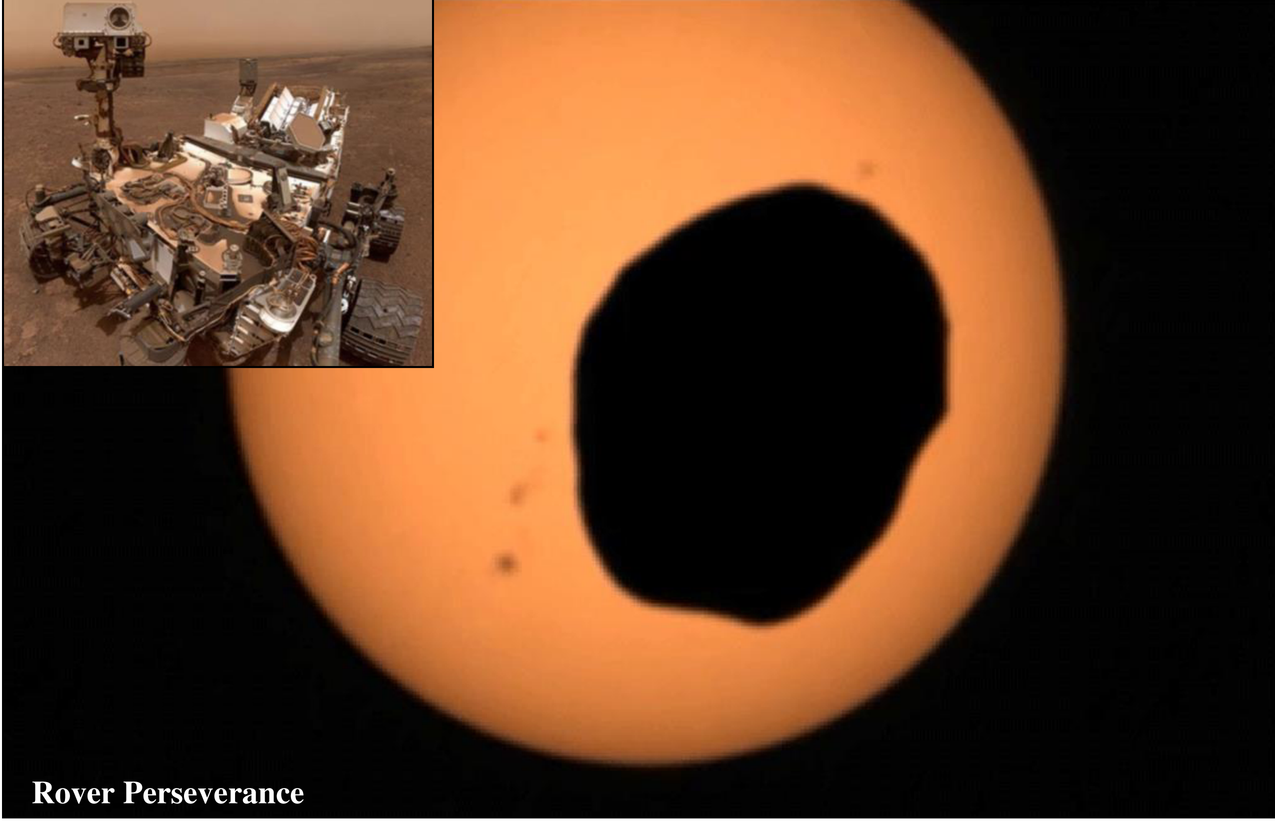




Misiones Curiosity y Perseverance

También fueron tomadas fotografías de tránsitos de Fobos desde la superficie marciana por los rovers Curiosity desde el Cráter Gale el 20-08-2013 y Perseverance desde el Cráter Jezero el 02-04-2022.



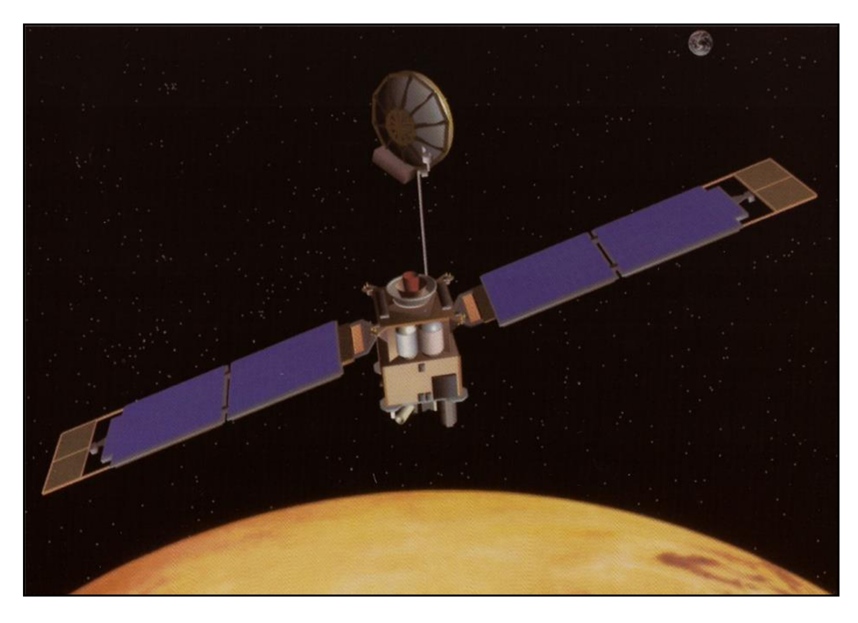


Misión Mars InSight



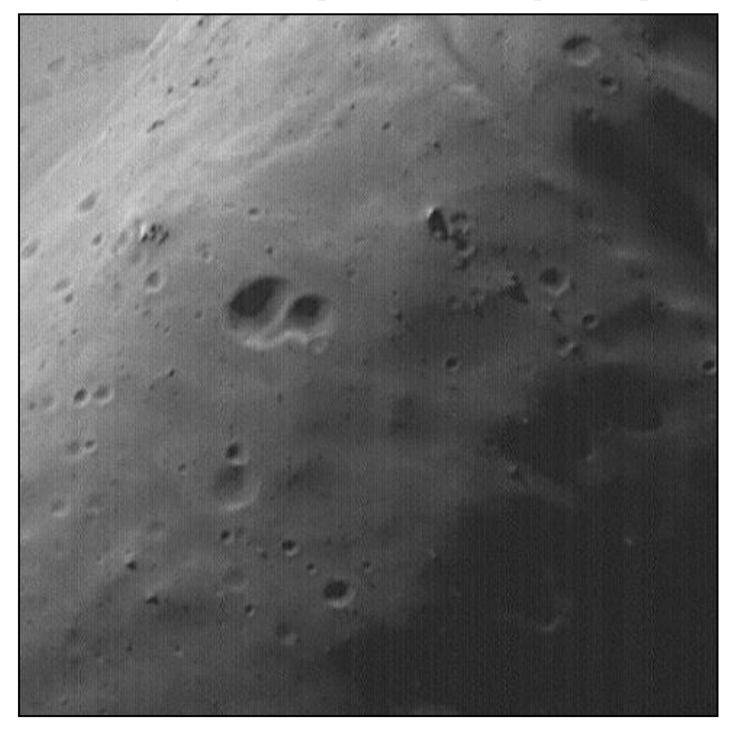
La nave Mars Insight, laboratorio fijo lanzado el 05-05-2018 y dedicado a estudiar las condiciones térmicas, sísmicas y ambientales de Marte, que registró los efectos del eclipse solar en su ubicación (Elysium Planitia), por lo que la temperatura de la superficie bajó algunos grados durante 30 seg.

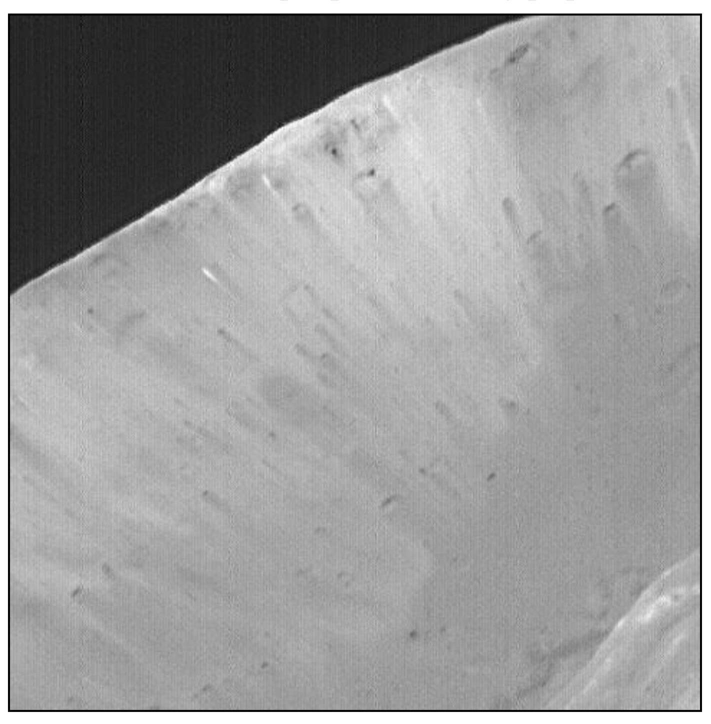
Misión Mars Global Surveyor (MGS)

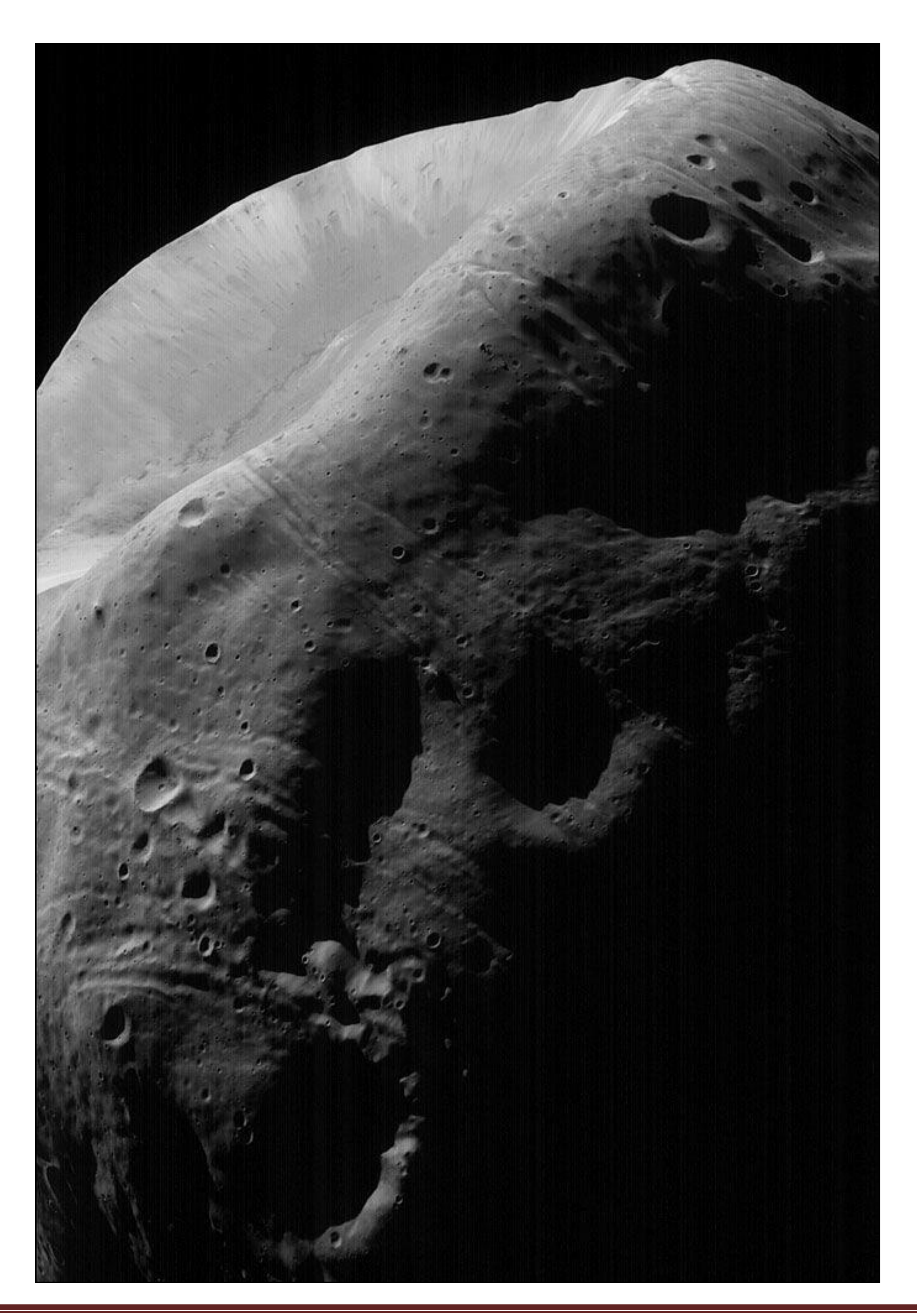


Con un peso total de 1 Tn, fue lanzada con rumbo a Marte desde cabo Cañaveral el 07-11-1996 a bordo de un cohete Delta-II 7925, el 19-08-1998 pasó a aproximadamente a 1080 Km de Fobos en su máxima aproximación, en una de las imágenes de mayor resolución (4 m) nunca obtenida de los satélites marcianos, la imagen muestra varias características nuevas asociadas con el cráter Stickney, de 10 Km de diámetro, como rocas individuales, algunas de más de 50 m de ancho, que se supone son bloques de eyección del impacto que formó al cráter, también depresiones alargadas y poco profundas que pueden ser expresiones de fracturas provocadas por la formación del cráter, presencia de material de diferente brillo en las laderas del cráter más lejano y en algunos de los surcos, mostrando que el satélite es heterogéneo (hecho de una mezcla de diferentes tipos de materiales).

El Espectrómetro de Emisión Térmica de la sonda midió el brillo de la radiación térmica al mismo tiempo que la cámara adquiría su imagen, al analizar este brillo, los científicos pudieron deducir las diversas fracciones de la superficie expuesta al Sol, y sus temperaturas, este análisis preliminar muestra que la temperatura de la superficie, dependiendo de la pendiente y el tamaño de las partículas, varía desde un máximo de -4 °C en las laderas más iluminadas hasta -112 °C en las sombras, esta gran diferencia, y el hecho de que tales diferencias se pueden encontrar muy cerca, respalda la idea de que la superficie de Fobos está cubierta por partículas muy pequeñas.

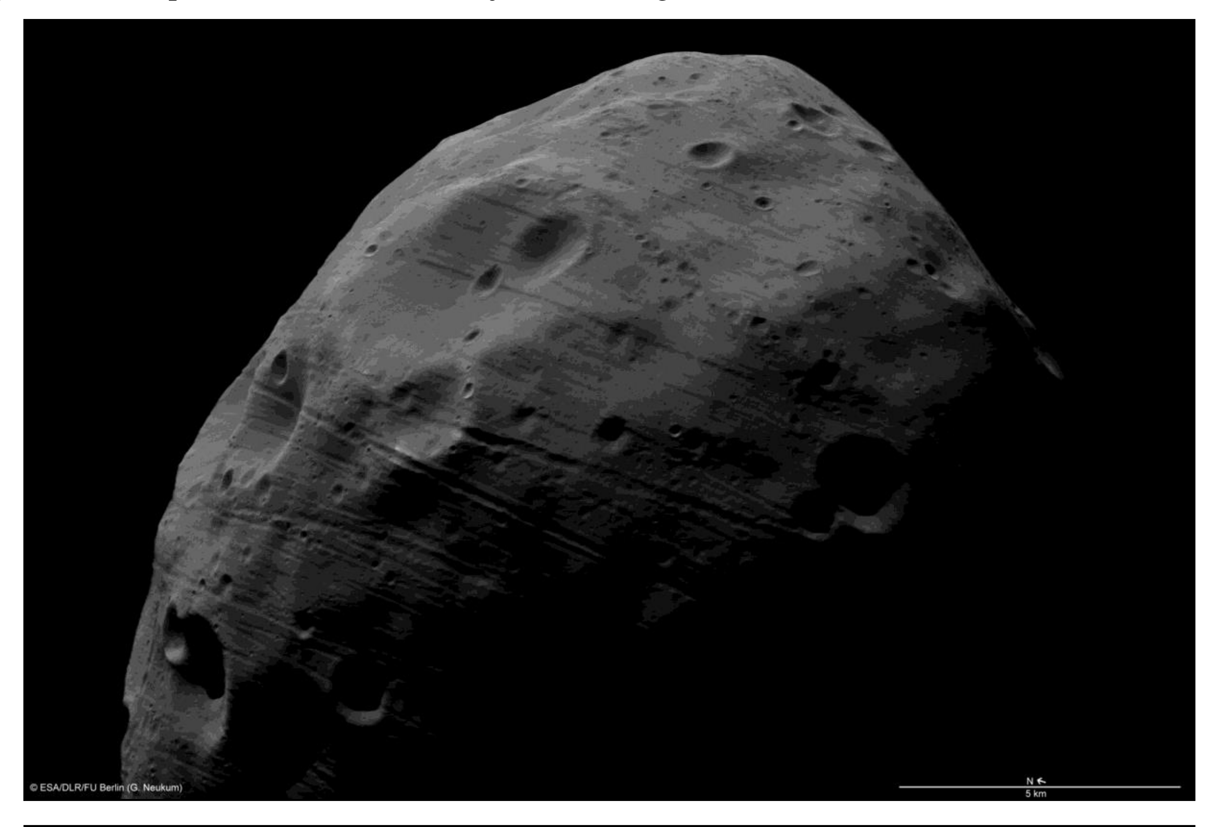


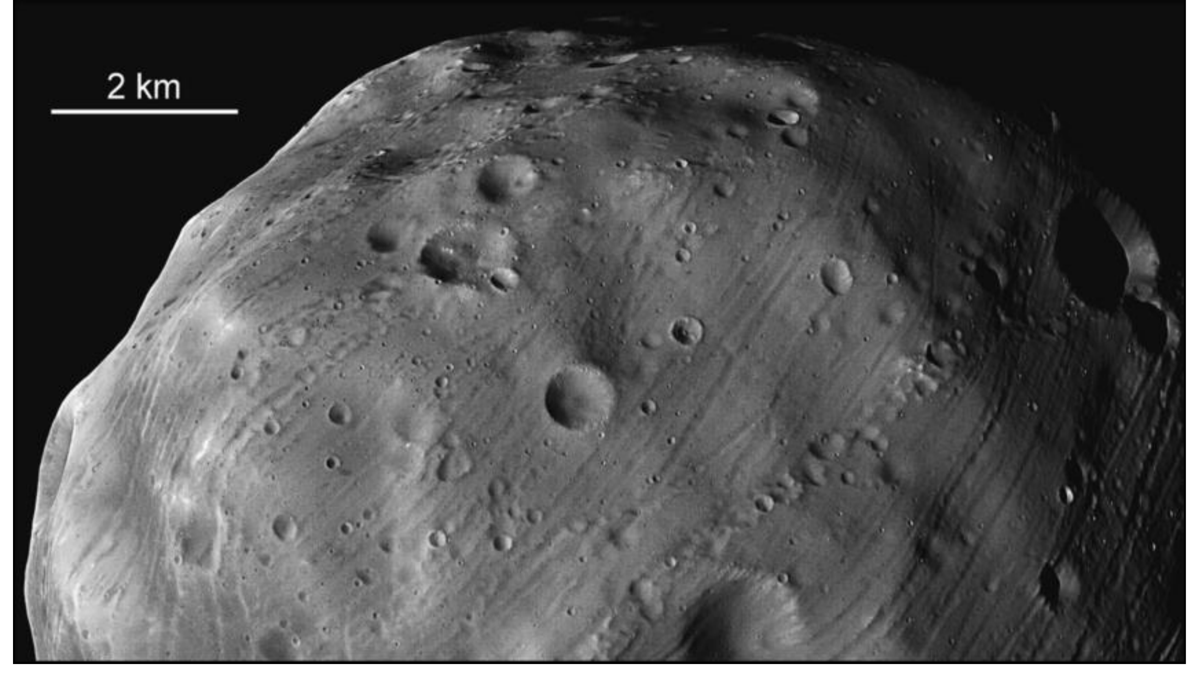




Misión Mars Express

Nave con rumbo a Marte de la Agencia Espacial Europea (ESA), fue la primer sonda interplanetaria europea, lanzada el 2-06-2003 desde el Cosmódromo de Baikonur a bordo de un cohete Soyuz Fregat, llevaba un lander (Beagle-2) diseñado para investigar la exobiología y geoquímica in situ desde la superficie marciana, pero falló al intentar. Sin embargo el orbitador hizo sobrevuelos de Fobos, el 09-01-2011 pasó a 100 Km de su superficie y tomó fotografías de los posibles sitios de aterrizaje de la malograda misión Phobos-Grunt.







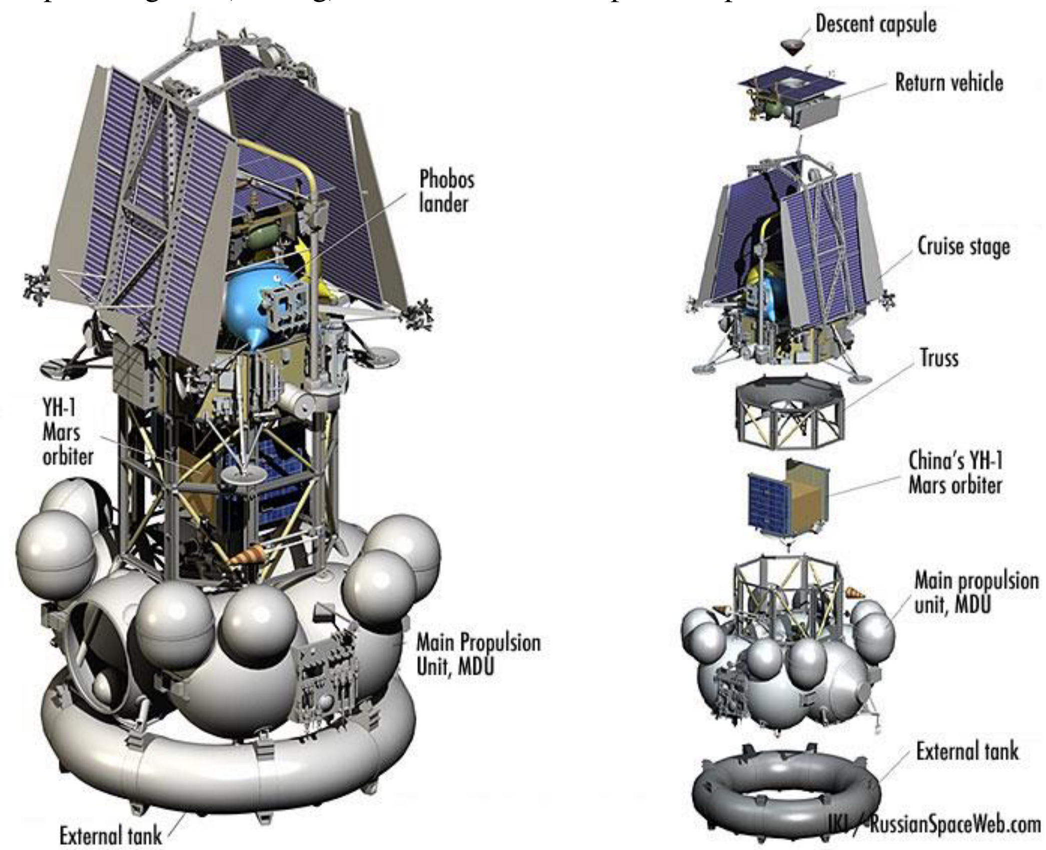
Misión Phobos-Grunt

La misión se concibió en 1999 pero, debido a una crisis económica de Rusia, no tuvo asignación presupuestaria hasta 2004, los retrasos hicieron que la fecha inicial de lanzamiento (2007) resultara demasiado precipitada y se postergó para 2009 y posteriormente para 2011; al mismo tiempo, para abaratar costos, se redujo el tamaño de la sonda que pasaría a ser lanzada a bordo de un cohete Proton; la construcción de la nave comenzó en 2006 a cargo de NPO Lavochkin; de la parte científica se encargaron el Instituto de Investigaciones Espaciales (IKI) y el Instituto de Geoquímica y Química Analítica Vernadsky; como responsable del cálculo de trayectorias fue el Instituto de Matemática Aplicada Keldysh, y el Centro Pilyugin desarrolló el sistema de control de navegación.

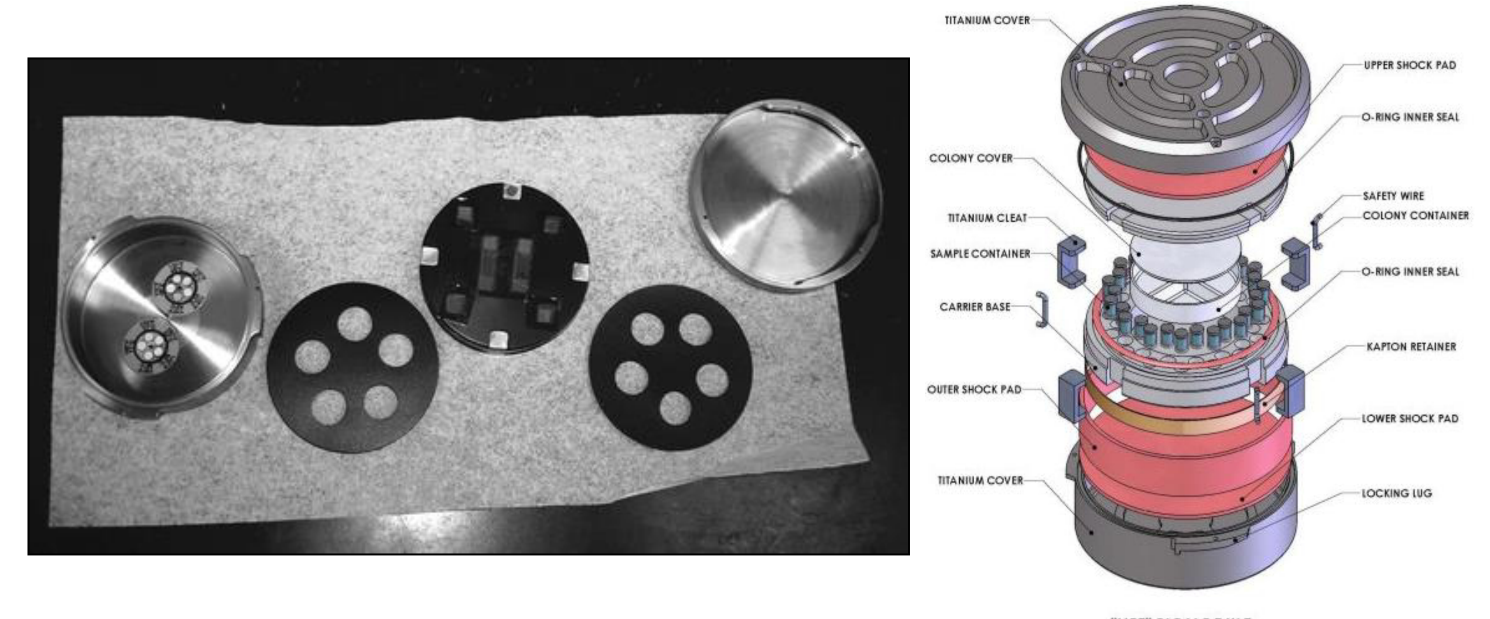
Inicialmente se estudió la posibilidad de incorporar propulsión iónica a la sonda, concretamente impulsores SPT-140 construidos por la OKB Fakel, pero esta opción fue descartada en favor de motores químicos, probablemente debido a las dificultades que plantearía para el sistema de navegación.

En la misión colaboraría China, enviando junto con la Phobos-Grunt una pequeña sonda de 110 Kg de peso denominada Yinghuo-1, que entraría en órbita marciana para estudiar el entorno del planeta, además, la Universidad Politécnica de Hong Kong desarrollaría equipos para la sonda de aterrizaje en Fobos, la inclusión de la sonda china excedía las capacidades de carga del cohete, por lo que se decidió cambiar el lanzador por el Zenit, lo que permitiría también el lanzamiento en 2011 a pesar de que las condiciones eran menos favorables.

Phobos-Grunt para el escape de la gravedad terrestre y dirigirse hacia Marte usaría una etapa Fregat, pero la nave Yinghuo-1 (instalada debajo) hacía que la Phobos-Grunt no pudiera usar sus motores principales en el viaje y que la etapa Fregat acompañase al conjunto hasta su llegada a Marte, una vez allí, luego de un último encendido, se desecharía la etapa y al separase ambas naves, la Phobos-Grunt estaría compuesta por la etapa de crucero/aterrizaje (1480 Kg) y la etapa de regreso (210 Kg) reduciendo la órbita para su aproximación a Fobos.



La nave llevaba cámaras de gran angular que se usarían para estudiar la superficie del satélite, determinar la altura, seleccionar el lugar de descenso y tomar imágenes durante el mismo, a una altura de 1 Km debía obtener imágenes con una resolución de 0,4 m (momento en el que la sonda de forma automática escogería el sitio de aterrizaje) el proceso se repetiría a unos 15 m de altura (momento en el que se procedería a la maniobra final de aterrizaje) una vez la sonda hubiera aterrizado se podrían obtener imágenes del entorno con una resolución de 1 mm; cámaras de pequeño angular que se usarían para fotografiar Fobos en alta resolución; espectrómetro Fourier para análisis de componentes menores de la atmósfera marciana; cromatógrafo de gases para analizar los gases a partir de su conductividad térmica; espectrómetro láser de diodo sintonizable, para detectar moléculas de H_2O, dióxido de Carbono y metano; espectrómetro de masas, que, combinado con el cromatógrafo de gases, permitiría determinar las moléculas detectadas; espectrómetro Mossbauer, para la búsqueda de Hierro en la superficie; espectrómetro de neutrones; espectrómetro de rayos γ; espectrómetros IR, láser y de masas de iones secundarios dedicados al estudio mineralógico; radar de onda larga para el estudio de la estructura interior y características eléctricas; sismómetro; sonda térmica para la determinación de características térmicas del regolito; brazo robótico para la recogida de muestras; espectrómetro de electrones y de iones; magnetómetro; dos sensores solares ubicados en la etapa de regreso y que se usarían para mantener los paneles solares orientados hacia el Sol; dos sensores estelares situados en la etapa de crucero para la navegación de la sonda y el estudio de la libración de Fobos; oscilador ultraestable para un experimento de mecánica celeste; contador de polvo para estudiar el polvo en torno a Marte y en proximidades y órbita de Fobos; detector de micrometeoritos y el experimento LIFE (Living Interplanetary Flight Experiment) creado por la Sociedad Planetaria que consistía en enviar pequeñas muestras de microorganismos, que al regreso de la nave se comprobaría si fueron afectados durante el viaje interplanetario.



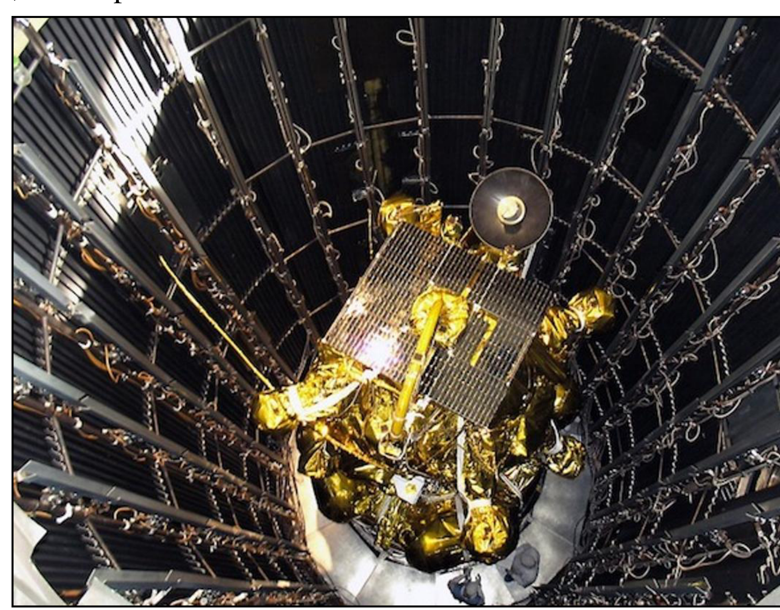
Por la baja gravedad de Fobos se corría el riesgo de que la sonda rebote al posarse, para evitarlo unos motores empujarían la sonda hacia abajo una vez tocara suelo; inicialmente se pensó en instalar un taladro que penetrara en el subsuelo para recoger muestras. Sin embargo, por la baja gravedad, esta opción se desestimó ya que si hacía demasiada fuerza hacia abajo se corría el peligro de que la sonda volcara, por lo que se optó por instalar en su lugar una pala de recolección de muestras que no penetrara más de 25 mm en la superficie y se esperaba recoger muestras de hasta 1,25 cm de diámetro.

La etapa de retorno despegaría de Fobos, quedando inicialmente en órbita de Marte, luego de varias maniobras, tomaría rumbo a la Tierra; poco antes de reingresar en la atmósfera terrestre, la cápsula con las muestras (10 Kg) se separaría de la etapa que la habría llevado hasta allí y aterrizaría por impacto directo, para localizarla estaría dotada de una radiobaliza.

Finalmente el lanzamiento de Phobos-Grunt se llevó a cabo el 08-11-2011 desde el Cosmódromo de Baikonur a bordo de un cohete Zenit; una falla impidió que la sonda tomara rumbo a Marte, los especialistas intentaron, en vano, restablecer la comunicación con la nave, que quedó en órbita terrestre.

Inicialmente estaba prevista su reentrada atmosférica en algún momento a finales de 2011, la ESA consiguió captar señales de la sonda en órbita terrestre, por lo que las posibilidades de recuperar la misión (escasas) no eran imposibles, la última fecha para que la nave pusiera rumbo a Marte aprovechando la ventana de lanzamiento sería el 21-11-2011, pero, finalmente, la Agencia Espacial de Rusia anunció la caída de la sonda para el 15-01-2012 en el Océano Pacífico Sur, cerca de las costas de Chile, dando por finalizada la misión.

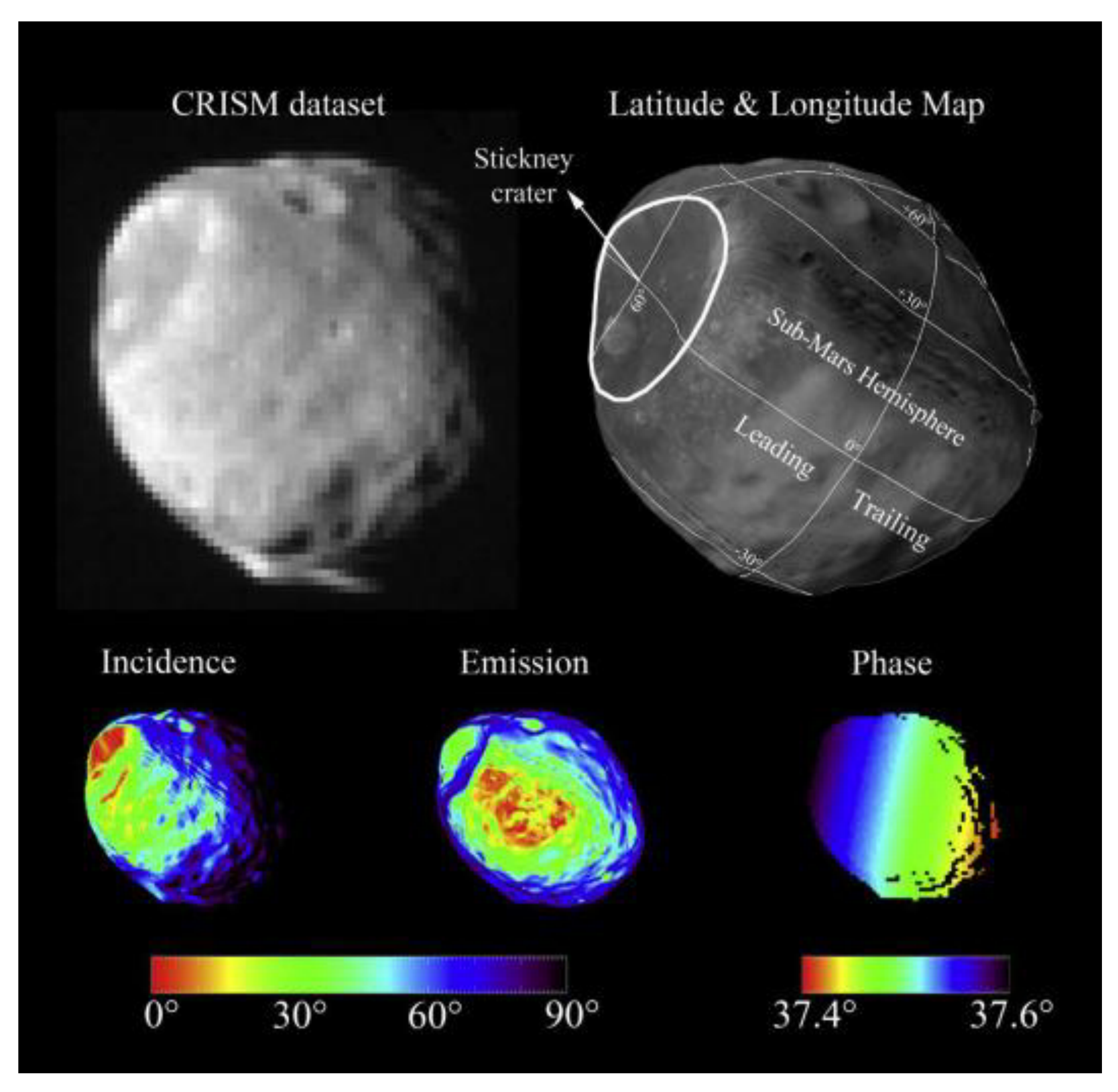


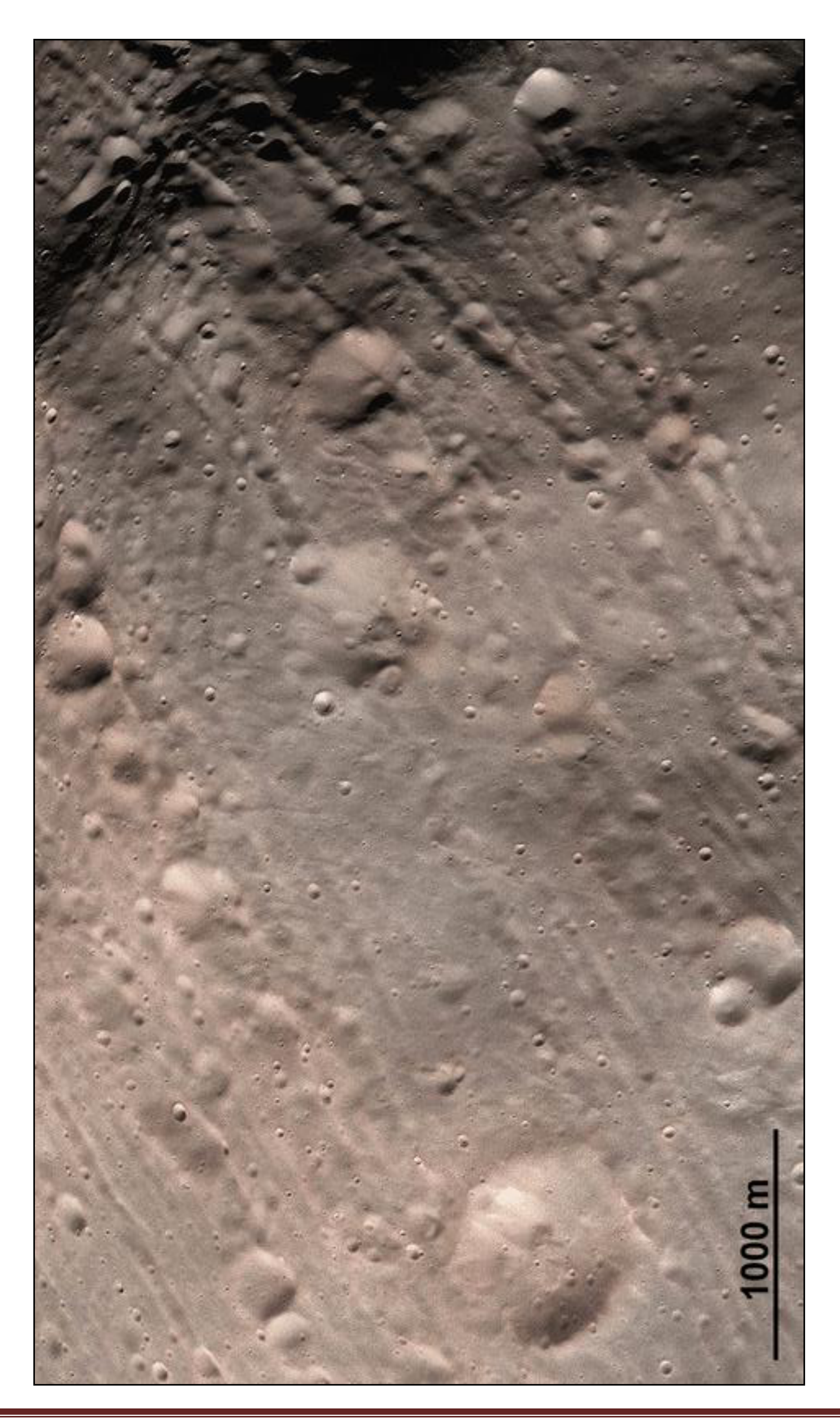




Misión Mars Reconnaissance Orbiter (MRO)

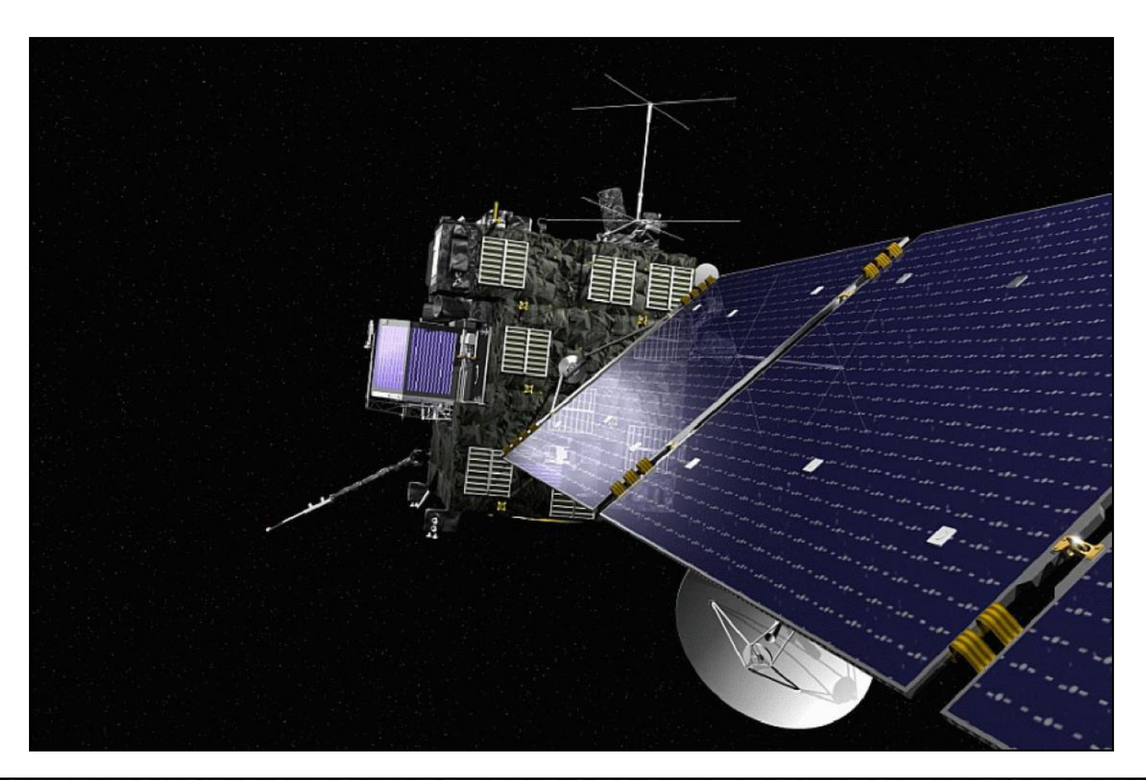
El Espectrómetro Compacto de Imágenes de Reconocimiento de Marte (CRISM) de la sonda MRO tomó imágenes hiperespectrales de los hemisferios de Fobos y Deimos en modo de alta resolución del instrumento, el 07-06-2007 se adquirieron tres imágenes de Deimos a 1,2 Km/px y un ángulo de fase de 22 y el 23-10-2007 tres imágenes de Fobos a 350 m/px y un ángulo de fase cercano a los 41°, datos que confirman la asociación del interior de Fobos y el material eyectado del cráter Stickney, la zona más rojiza de Fobos, como también Deimos, tienen una absorción amplia y poco profunda a 0,65 µm que se asemeja a la de las condritas carbonáceas de bajo grado.

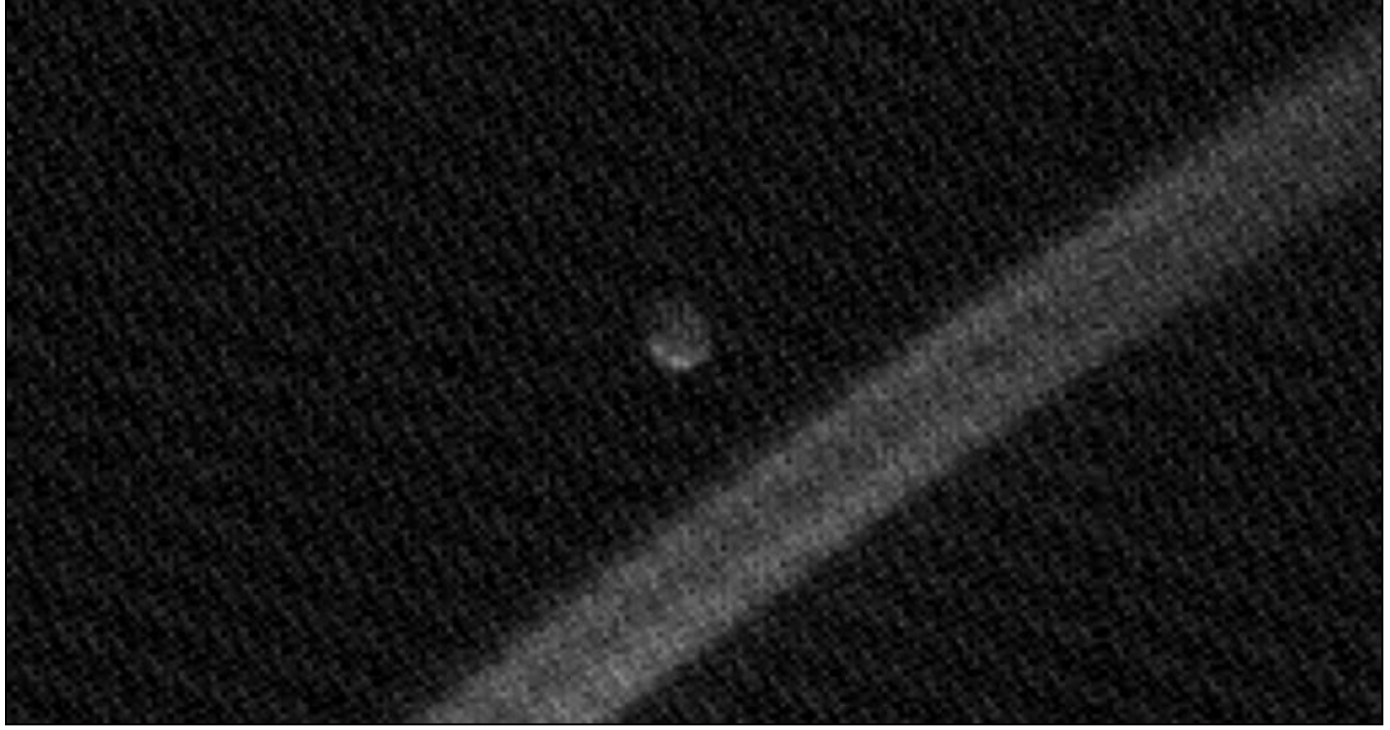



1000 m

Misión Rosetta

La nave espacial Rosetta de la ESA fue lanzada el 02-03-2004 desde el Centro Espacial Kourou, el 24-02-2007 sobrevoló Marte en busca de asistencia gravitatoria antes de continuar su viaje hacia el cometa 67/P Chiurumov Guerasimenko, antes del acercamiento, el Sistema de Imágenes Remotas Ópticas, Espectroscópicas e Infrarrojas (OSIRIS) observó a Fobos y su sombra en tránsito por Marte.



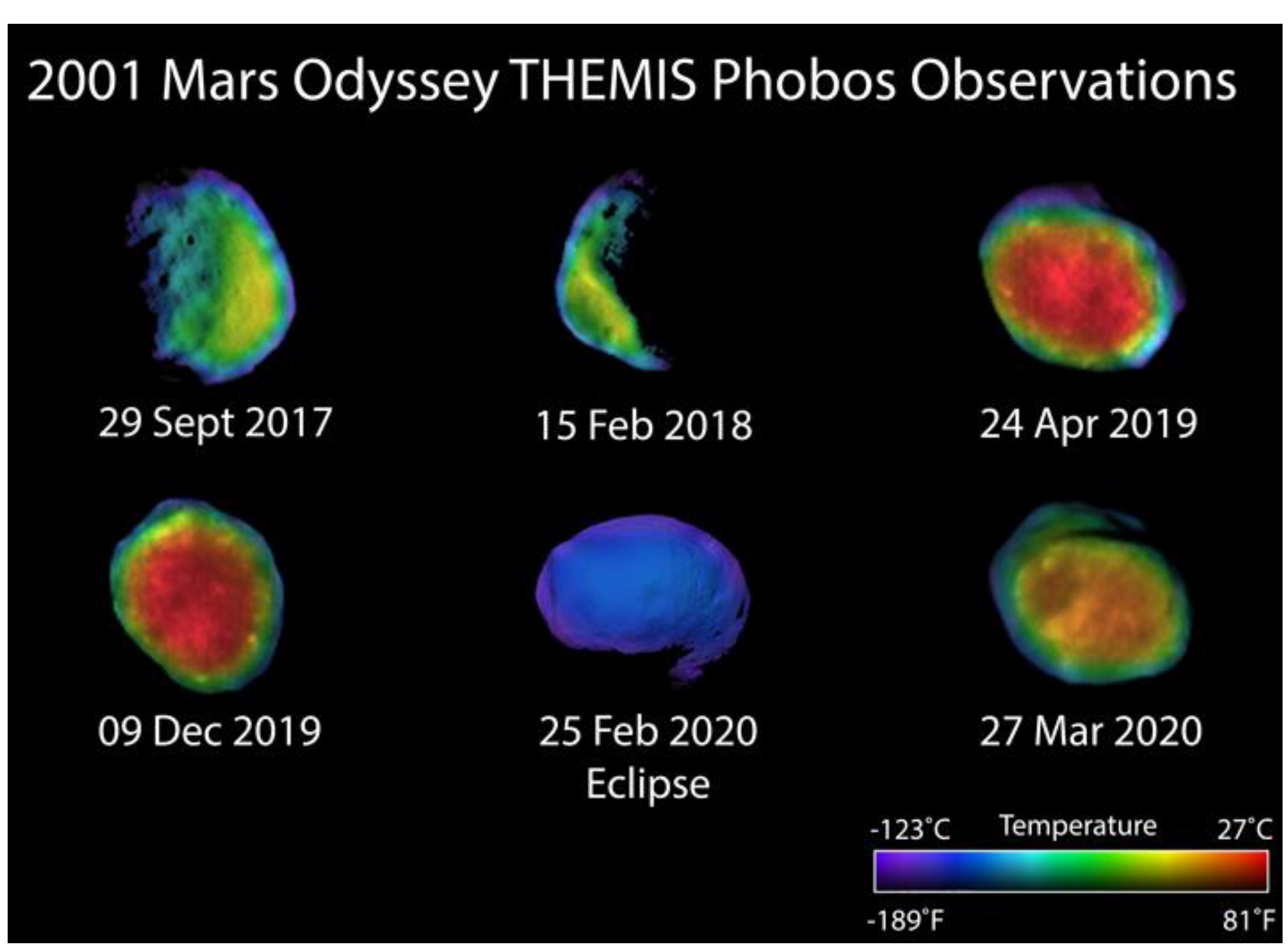


Misión Mars Oddyssey

Dirigida por el NASA/JPL, con un peso total de 725 Kg, fue lanzada rumbo a Marte el 07-04-2001 desde Cabo Cañaveral a bordo de un cohete Delta-II, principalmente estudia la superficie marciana, pero fue desarrollado un proceso para voltear la nave y poder apuntar su cámara al satélite Fobos, la cámara IR del Sistema de Imágenes de Emisión Térmica (THEMIS), se ha utilizado para medir las variaciones de temperatura de su superficie, brindando información sobre su composición y propiedades físicas.

Entre las imágenes, la tomada el 9-12-2019 muestra a Fobos en fase de luna llena, cuando la mayor parte de la superficie está expuesta a la luz solar, con una temperatura máxima de 27° C, una imagen tomada el 25-02-2020 muestra a Fobos durante un eclipse, donde la sombra del planeta Marte bloquea completamente la luz solar, proporcionando algunas de las temperaturas más frías medidas en Fobos hasta la fecha, siendo la más baja alrededor de -123° C; el 27-03-2020, observó a Fobos saliendo de un eclipse, cuando la superficie aún se estaba calentando.

Las imágenes IR de THEMIS están coloreadas para mostrar las variaciones de temperatura y se superponen a las imágenes de luz visible tomadas al mismo tiempo para mostrar la geología de la superficie (la única excepción es la imagen del eclipse, que es generada por computadora y muestra cómo se habría visto Fobos si no estuviera completamente a la sombra).

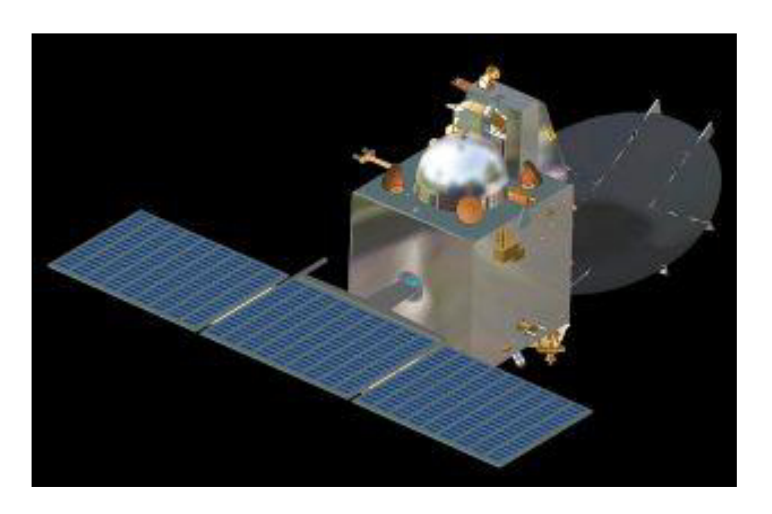


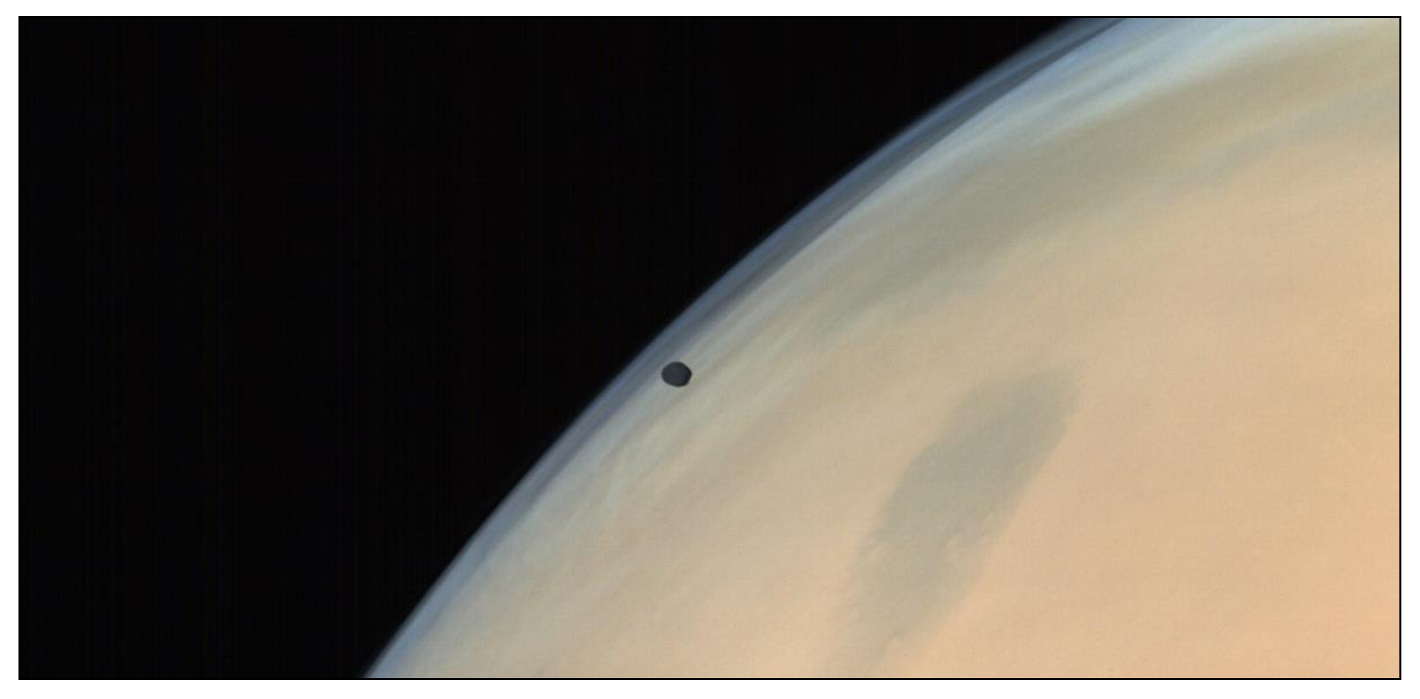
Misión Mars Orbiter Mission (MOM)

También llamada Mangalyaan, es una misión a Marte realizada por la Organización de Investigación Espacial de la India (ISRO), su lanzamiento se llevó a cabo el 05-11-2013 desde el Centro Espacial Sriharikota a bordo de un cohete PSLV C-25, el objetivo de la nave era el de explorar la superficie, morfología, mineralogía y atmósfera de Marte, como también, desarrollar las tecnologías necesarias para el diseño, planificación, gestión y operación de una misión interplanetaria

Su carga útil de 15 Kg, contaba con los instrumentos Mars Exospheric Neutral Composition Analyzer (MENCA) Methane Sensor For Mars (MSM) para análisis atmosférico de Marte; el Lyman-α Photometer (para la medición de Hidrógeno en la atmósfera marciana) cámara a color Mars Color Camera (MCC) y cámara IR Probe For IR Spectroscopy for Mars (PRISM); el 01-07-2020 sobrevoló Fobos a 4200 Km de distancia, tomando imágenes con la MCC con una resolución espacial de 210 m.

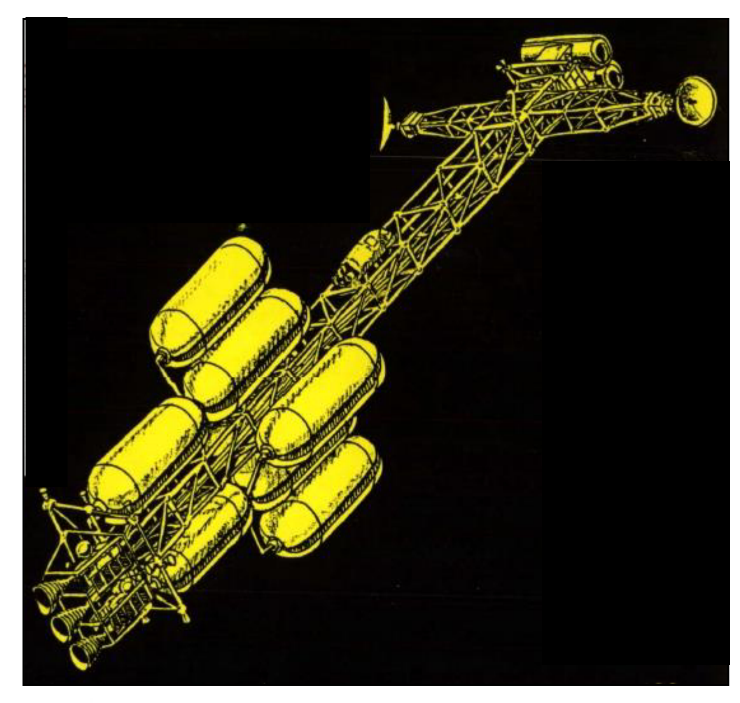






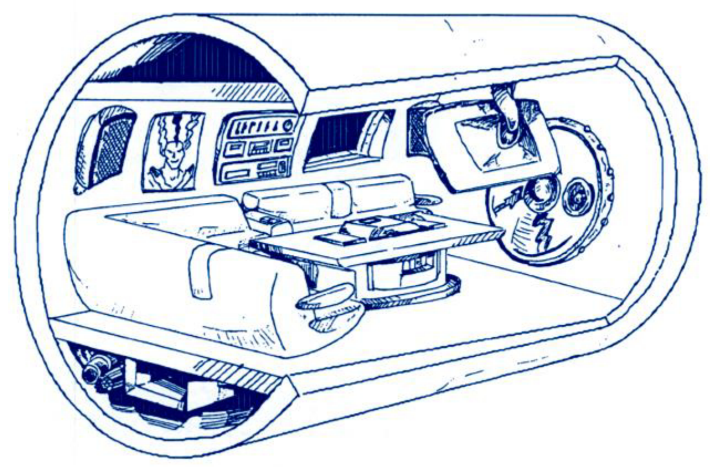
Misiones propuestas

Misión Advanced Phobos EXploration (APEX)



Se ha sugerido una misión humana a las lunas de Marte como un precursor más fácil antes de una misión de amartizaje tripulado, los astronautas explorarían la luna, pudiendo enviar muestras a la Tierra y podrían teleoperar rovers en la superficie de Marte con un tiempo de retraso mínimo; APEX fue un diseño preliminar en 1992 de la NASA de una misión tripulada a la luna Fobos, la nave llevaría una tripulación de 5 astronautas, y sería lanzada desde órbita baja terrestre en el año 2010, el viaje a Marte sería de aproximadamente 8 meses utilizando la asistencia gravitacional de Venus en su trayectoria

Los objetivos principales en el diseño de la nave eran los de promover la seguridad de la tripulación mediante el diseño de una nave estable utilizando gravedad artificial y proporcionara protección a la tripulación contra todas las formas de radiación, la nave tendría una longitud total de 110 m, dos módulos habitacionales basados en los módulos de la Estación Espacial Freedom con dimensiones de 4,7 x 16,9 m que estarían unidos en su parte delantera por una estructura de tipo armadura, detrás de los módulos, dos vigas de comunicación de 25 m de largo llevarían plataformas para antenas y equipos de navegación, los tanques de combustible de 19 m de largo y 9 m de diámetro estarían ubicados alrededor de la armazón principal y alimentarían a 3 cohetes térmicos nucleares.



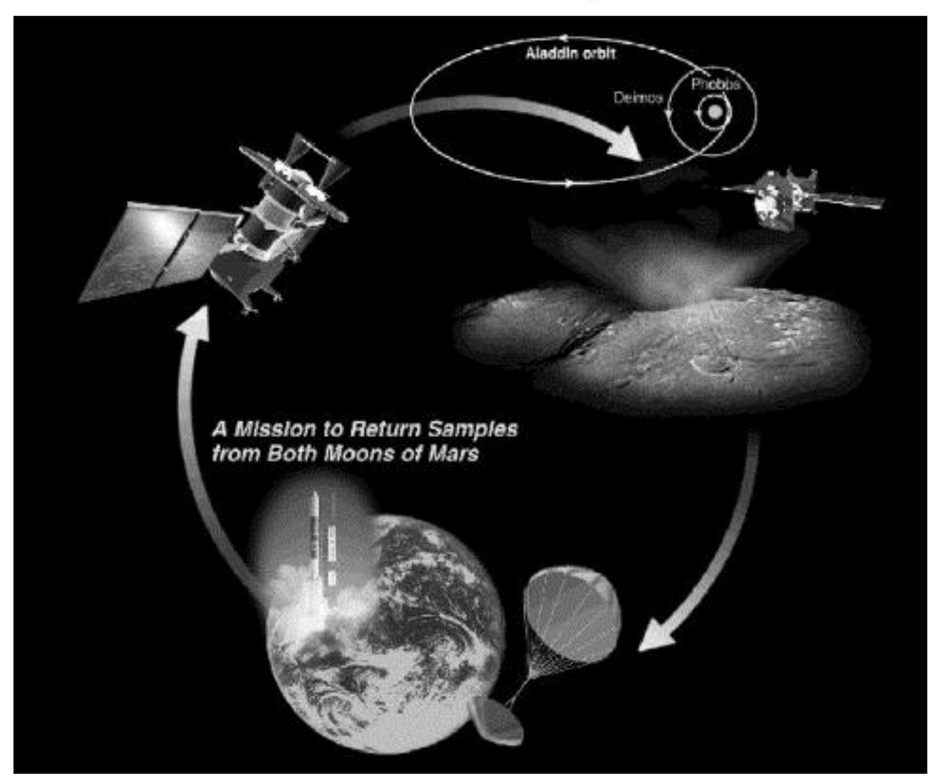
El diseño del reactor elegido para la misión se basaba en una versión mejorada de un reactor tipo NERVA de Rocketdyne, el uso de los tres cohetes proporcionaría un empuje total de 1020000 N con una aceleración máxima de 0,19 g, y funcionaría hasta 12 hrs durante las maniobras de propulsión a plena potencia con una vida útil de tres años.

Al llegar al sistema marciano, la nave se insertaría en una órbita de 9400 Km, una vez determinada la posición de la nave en relación con la luna, se realizaría una propulsión colocando la nave a 6 Km de altura, a los 20 m de la superficie, dispararía arpones, aterrizando cerca del cráter Stickney, luego permanecería atada a la superficie de la luna debido a la gravedad extremadamente baja.

Terminada la misión, los propulsores se utilizarían para alejar la nave espacial de Fobos, una vez alcanzada una distancia segura, los motores principales se utilizarían para enviar la nave hacia la Tierra, alrededor de la Tierra, se utilizaría un motor propulsor para insertar la nave en una órbita elíptica alta, a partir de ahí, los vehículos de transferencia orbital retirarían a la tripulación y luego la nave regresaría lentamente a la órbita baja terrestre.

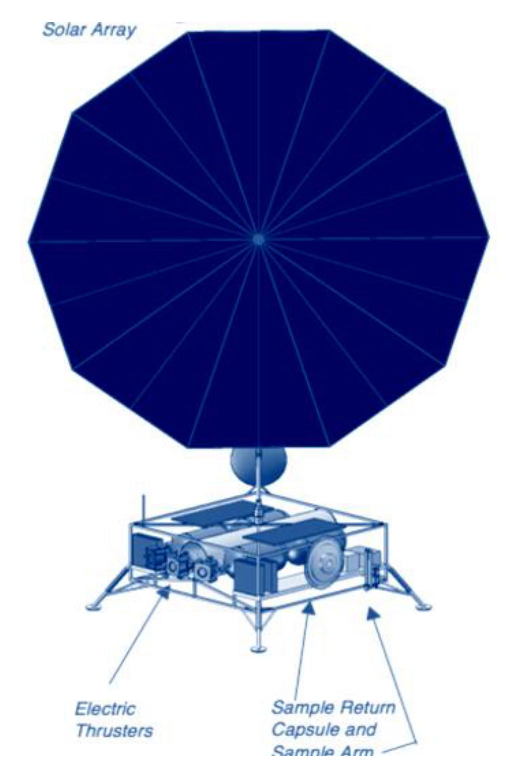
Misión Aladdin

En 1997 y 1998, dentro del programa Discovery de la NASA, fue seleccionada la misión Aladdin como finalista, su plan era el de sobrevolar Fobos y Deimos, con el objetivo de lanzarles proyectiles a sus superficies, la sonda recogería la eyección, y las muestras serían devueltas a la Tierra para su estudio tres años después.



Misión Hall

En 2008, el NASA/Glenn Research Center estudió una misión de retorno de muestras desde Fobos y Deimos que utilizaría propulsión eléctrica y solar, el estudio dio lugar al concepto de la misión Hall, de la clase New Frontiers actualmente bajo estudio adicional.



Misión OSIRIS-REx-2

Otro concepto de misión de retorno de muestras desde Fobos y Deimos es OSIRIS-REx-2, con características similares a las utilizadas en la misión OSIRIS-REx, cuyo objetivo fue el asteroide Bennu.

Misión Phobos And Deimos & Mars Environment (PADME)

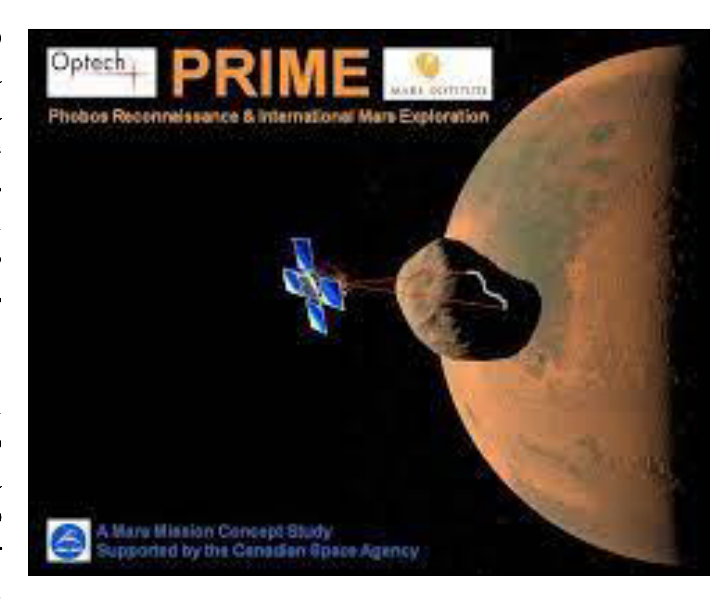
En 2014, se propuso la misión PADME, basada en la nave LADEE del NASA/Ames Research Center; con probabilidad de lanzamiento a bordo de un cohete Falcon-9 en 2020, llegando a Marte, a principios de 2021; la misión tenía como metas, determinar el origen de las lunas marcianas, composición de los materiales superficiales; caracterizar la dinámica de los materiales superficiales y si los materiales pueden transportarse entre ellas (en particular, de Deimos a Fobos) y de qué manera, fundamental para comprender el significado de las unidades espectralmente más rojas y más azules de Fobos, según lo revelado por la nave Phobos-2 en el visible y en el IR cercano.

Al ser un orbitador de Marte que realizaría múltiples sobrevuelos cercanos de Fobos y Deimos, podía cumplir con todos sus objetivos, que se abordaría mediante una combinación de espectrometría de neutrones y de masas; la estructura interna se investigaría a través de una combinación de ciencia de radio e imágenes; la dinámica del material de la superficie se abordaría mediante imágenes y también por medio de la detección de polvo llevando un espectrómetro de neutrones y de masas de gas neutro, sistema de imágenes ópticas y un analizador de polvo; PADME también apoyaría un experimento de demostración de tecnología de comunicaciones por medio de láser.





Misión Phobos Reconnaissance and International Mars Exploration (PRIME)



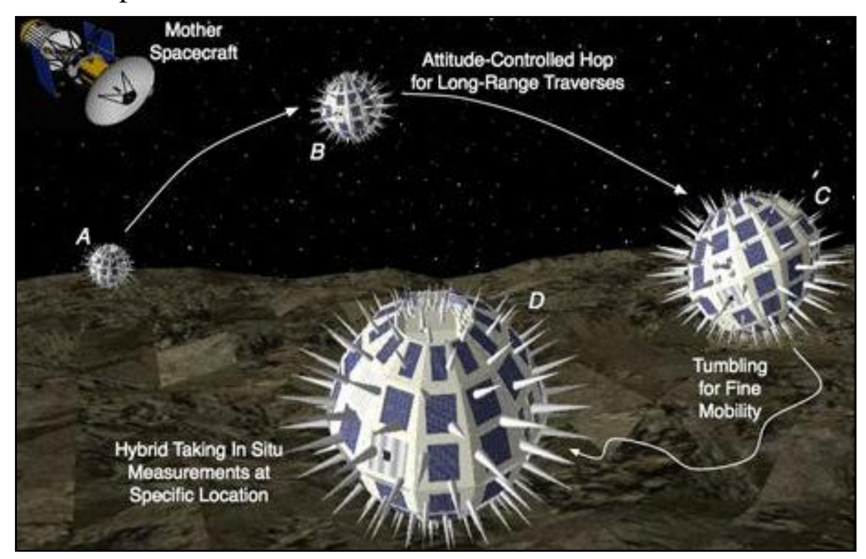
En 2007, la Agencia Espacial de Canadá (CSA) financió un estudio de Optech y el Mars Institute para una misión a Fobos, el concepto de misión, denominada PRIME se desarrolló con el objetivo científico central de determinar la naturaleza y el origen de Fobos, los objetivos científicos importantes, pero secundarios eran los de comprender mejor la evolución de Fobos a lo largo del tiempo y evaluar su estado actual, incluido los procesos que lo afectan.

La misión estaría compuesta por un orbitador y un lander; el PRIME Lander era un módulo de aterrizaje fijo que primero buscaría posibles sitios de aterrizaje desde la órbita, luego aterrizaría suavemente en Fobos utilizando un rayo laser LIDAR de corto alcance diseñado por Optech, ya en la superficie realizaría mediciones in situ, la carga útil científica del PRIME Lander comprendería un espectrómetro/detector de rayos γ y neutrones, generador de imágenes en color panorámico/microscópico y un espectrómetro de rayos-X de partículas α.

Los instrumentos incluirían un rayo laser LIDAR de exploración de superficie para mapear la topografía local, un experimento de medición de susceptibilidad magnética y un oscilador ultraestable capaz de soportar radio ciencia durante la fase orbital inicial previa al aterrizaje.

Phobos Surveyor

En 2013, el NASA/JPL, junto con la Universidad de Stanford y el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) desarrolla la misión Phobos Surveyor que se encuentra actualmente en fases de prueba y se planea su lanzamiento entre 2023 y 2033, la misión involucraría un orbitador que desplegaría uno o varios rovers de forma esférica de 1,5 m de diámetro con púas, cada rover saltaría en la superficie transmitiendo datos sobre sus orígenes, así como sobre su suelo; la misión completa duraría de dos a tres años, la fase inicial de reconocimiento, durante la cual el orbitador trazaría un mapa del terreno, duraría unos meses.

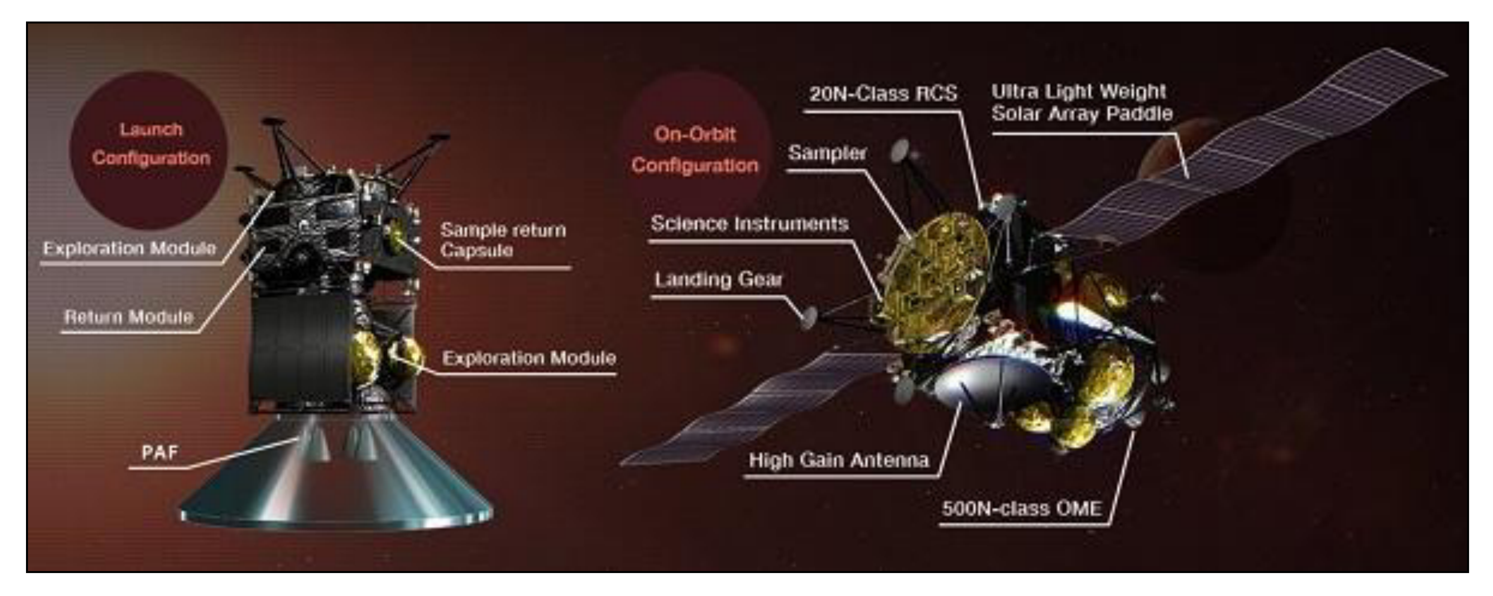


Misión Mars Moon Exploration (MMX)

El 9-07-2015 la Agencia de Exploración Aeroespacial de Japón (JAXA) dio a conocer la misión Mars Moon Exploration (MMX), misión con colaboración de la NASA, ESA, DLR y el CNES tiene como objetivo el retorno de muestras de la superficie de Fobos y hacer observaciones científicas de ambas lunas; se prevé su lanzamiento en 2024 e insertándose en la órbita de Marte en 2025 y permanecerá en el área marciana durante unos tres años, realizará observaciones científicas de Fobos desde altitudes bajas y seleccionará sitios de recolección de muestras, luego, la nave aterrizará en la superficie de Fobos, recolectará muestras y regresará a la Tierra en 2029, al realizar una observación cercana de Fobos, es necesario poner la nave espacial en una órbita alrededor del satélite para obtener la fuerza centrífuga para contrarrestar la fuerza gravitacional, la observación cercana de las lunas marcianas requiere la consideración de los efectos gravitatorios tanto de Marte como de las lunas marcianas, que es críticamente diferente de la observación de pequeños asteroides.

La nave, con un peso de 1,8 tn, llevará a bordo varios instrumentos científicos, entre ellos un monitor de polvo circunmarciano, laser LIDAR, equipos para la exploración con rayos γ y neutrones, espectrómetro IR, analizador de espectro de masas, radiómetro óptico compuesto por generadores de imágenes cromáticas y un telescópico para geomorfología.







Noticias

Contenidos astronómicos educativos

En esta oportunidad, y a través del canal de Youtube de la Sociedad Lunar Argentina (SLA) se los invita a disfrutar del ciclo de charlas educativas "Café Lunar" y a diversos videos que tratan temas sobre observaciones de la Luna, Sistema Solar, astronáutica, instituciones, etc.

Esperando que disfruten de los mismos aquí los correspondientes enlaces.

Selenografía
https://www.youtube.com/watch?v=Ydq6eYM7OMQ&list=PLTC9b72fieqUAbR1OLMk-hZhx238bKJyh&index=12

Zonas brillantes de corta duración en el amanecer lunar
https://www.youtube.com/watch?v=_MCrm4wmTM0&list=PLTC9b72fieqUAbR1OLMk-hZhx238bKJyh&index=3

Cráteres con rayos brillantes (en Luna llena)
https://www.youtube.com/watch?v=-5KqLI2mrsc&list=PLTC9b72fieqUAbR1OLMk-hZhx238bKJyh&index=15

Un paseo por Mare Crisium
https://www.youtube.com/watch?v=3GNlaPnyVwY&list=PLTC9b72fieqUAbR1OLMk-hZhx238bKJyh&index=18

Que se puede observar en un eclipse de Luna
https://www.youtube.com/watch?v=0dYK5S-zvsk&list=PLTC9b72fieqUAbR1OLMk-hZhx238bKJyh&index=19

Observación amateur de Dorsa lunares
https://www.youtube.com/watch?v=48aa9257olY&list=PLTC9b72fieqUAbR1OLMk-hZhx238bKJyh&index=16

Mercurio y su observación
https://www.youtube.com/watch?v=Tn3IvAQmYEo&list=PLTC9b72fieqUAbR1OLMk-hZhx238bKJyh

Exploración del planeta Venus
https://www.youtube.com/watch?v=7nFz-iCDLJo&list=PLTC9b72fieqUAbR1OLMk-hZhx238bKJyh&index=14

Observación de cometas, magnitud visual y fotométrica
https://www.youtube.com/watch?v=SFeJIS7VChA&list=PLTC9b72fieqUAbR1OLMk-hZhx238bKJyh&index=4

Observación de meteoros, las Áridas
https://www.youtube.com/watch?v=optq4-pkXYo&list=PLTC9b72fieqUAbR1OLMk-hZhx238bKJyh&index=17

Trapecio Austral, observando desde Mar del Plata, Argentina
https://www.youtube.com/watch?v=CfjDPcxpVYE&list=PLTC9b72fieqUAbR1OLMk-hZhx238bKJyh&index=5

Dial Radio/TV, observación lunar por aficionados
https://www.youtube.com/watch?v=LeGtfCrefTs

LIADA, observación amateur de la Luna
https://www.youtube.com/watch?v=ttCN_hWf8R4

LIADA, regreso a la Luna… y mas allá
https://www.youtube.com/watch?v=21pcpk5-8eQ

LIADA, estudios científicos de los Fenómenos Lunares Transitorios
https://www.youtube.com/watch?v=UO8UFoQen7E

Bases lunares, historias y perspectivas
https://www.youtube.com/watch?v=rELeiz6pimw&list=PLTC9b72fieqUAbR1OLMk-hZhx238bKJyh&index=8

Bases lunares, desafíos de la vida en la Luna
https://www.youtube.com/watch?v=u_A53QQwbzs&list=PLTC9b72fieqUAbR1OLMk-hZhx238bKJyh&index=9

Bases lunares, colonización
https://www.youtube.com/watch?v=1-ne2WBy2uE&list=PLTC9b72fieqUAbR1OLMk-hZhx238bKJyh&index=10

Semana Internacional del Espacio, 50 años Apollo-15 - Investigando Palus Putredinis
https://www.youtube.com/watch?v=UvpEzgOqyAY&list=PLTC9b72fieqUAbR1OLMk-hZhx238bKJyh&index=11

Robertito, un proyecto lunar argentino
https://www.youtube.com/watch?v=F_7MRfraM7E&list=PLTC9b72fieqUAbR1OLMk-hZhx238bKJyh&index=13

Cohetería en el aula
https://www.youtube.com/watch?v=K-pEeY6T_AQ&list=PLTC9b72fieqUAbR1OLMk-hZhx238bKJyh&index=6

Compartiendo la pasión por la astronáutica, el espacio y la aviación estamos en



Biblioteca Instituto Nacional de Derecho Aeronáutico y Espacial (INDAE), Fuerza Aérea Argentina

Blog Cometaria https://cometasentrerios.blogspot.com



Argentina en el espacio http://argentinaenelespacio.blogspot.com/

Libros, Revistas, Intereses http://thedoctorwho1967.blogspot.com/

Archivo Histórico de Revistas Argentinas www.ahira.com.ar

***Turismo Sideral* https://turismo-sideral.com.ar**

***Estación Vientos del Sur* http://vientosdelsurestacion.blogspot.com/**



Sociedad Lunar Argentina https://sites.google.com/site/slasociedadlunarargentina/

Blog Observadores Lunares https://observadoreslunares.blogspot.com/

Fuentes de información e imágenes vertidas en la publicación

Aviación y Cosmonáutica N° 3, 1990.

En las lentes de Marte y Fobos, Dto. IKI, Academia de Ciencias de la URSS.

European Space Agency (ESA)

National Aeronautics and Space Administration (NASA)

NASA, Jet Propulsion Laboratory.

Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA)

Piotr Masek, JPL, NASA.

Project APEX, NASA-URSA, 1992.

Sagan, Carl, La conexión cósmica, Una perspectiva extraterrestre, 1973.



CAPSULA ESPACIAL
capsula-espacial.blogspot.com